C
19.

Sonderabdruck aus
„Bericht der Senckenbergischen naturforschenden Gesellschaft in Frankfurt a. M.“
1898.

Frankfurt a. M.
Druck von Gebrüder Knauer.

19.

Sonderabdruck aus
„Bericht der Senckenbergischen naturforschenden Gesellschaft in Frankfurt a. M.“
1898.

Entstehung und Entwickelung der Sinnesorgane und Sinnesthätigkeiten im Tierreiche.

Drei populär-wissenschaftliche Vorträge, gehalten in der Senckenbergischen naturforschenden Gesellschaft am 12. und 19. Februar und 12. März 1898*)

von

Dr. med. Ph. Steffan.

I. Allgemeine Einleitung.

Verehrte Anwesende! Wie ich in früheren Jahren an gleicher Stelle bereits auseinandergesetzt habe, beruht die gesamte Verstandesentwickelung des höchstentwickelten Geschöpfes unseres Planeten, des Menschen, darauf, daß seinem Gehirne vermittelst der Sinnesorgane von Auge, Ohr, Nase, Zunge und Hautoberfläche her beständig Sinnesempfindungen (Sinneseindrücke, Sinneswahrnehmungen) aus der Außenwelt zufließen. Dadurch daß unser Gehirn alle von einem Gegenstande oder Vorgange der Außenwelt ausgehenden Sinnesempfindungen untereinander in Verbindung bringt, kommt die richtige Vorstellung und Erkenntnis eben dieses Gegenstandes oder Vorganges zu stande, d. h. entwickelt sich beim Menschen die Verstandesthätigkeit, resp. lernt der Mensch denken. Unsere Sinnesorgane und die durch sie vermittelten Sinnesempfindungen sind die Ausgangspunkte und Vermittler unserer gesamten Verstandes- und Seelenthätigkeit: nil est in intellectu quod non antea fuerit in sensu (deutsch: Unsere Sinne sind die Eingangspforten für unseren Verstand). Das Denken ist somit erst eine sekundäre Funktion, das Primäre aller Erkenntnis sind die sinnlichen Empfindungen

*) Die Vorträge waren zum genaueren Verständnis von mehr als 90 Demonstrationen mittelst des Skioptikons begleitet.

1653372

nnd Wahrnehmungen. In sehr geistreicher Weise drückt dies L. Feuerbach in den nachfolgenden Worten aus: „Denken heißt, die Evangelien der Sinne im Zusammenhange lesen.“ Was für den Menschen gilt, gilt auch für die Tierwelt, soweit sie ein Gehirn besitzt. Steigen wir in die niedere Tierwelt mit einfacherem Nervensystem (Schlundring mit Schlundganglion oder gar nur unter der äußeren Haut gelegenen Nervenzellen) hinab, so sind auch hier die Sinnesthätigkeiten die Vermittler für die Bethätigung der angebornen Intelligenz oder des Instinkts sowie für alle Funktionen, die das Tier zu seiner eigenen Erhaltung, Ernährung und Fortpflanzung nötig hat. Ohne Sinnesthätigkeit ist das tierische Leben nicht möglich und nicht denkbar.

Nach dieser Darlegung scheint es mir von höchstem Interesse, der Entstehung der Sinnesorgane und Sinnesthätigkeiten im Tierreiche nachzuspüren und sich ein Bild von deren aufwärts steigenden Entwickelung zu machen. Um über den Anfang aller Sinnesthätigkeit in der organischen Welt klar zu werden, müssen wir uns vor allem die Zustände auf unserer Erde vergegenwärtigen, als die organische Materie in Erscheinung trat. Ohne Vorhandensein von Wasser ist alle organische Existenz unmöglich, ja wir müssen annehmen, daß zur Zeit des Entstehens der Organismen auf der Erde deren größte oder ganze Oberfläche mit Wasser bedeckt gewesen sein muß; denn die gesamte niedere Tierwelt besteht aus Wassertieren, das erste organische Leben muß demgemäß wohl im Wasser entstanden sein. Erst in dem Maße als das Land aus dem Wasser emporstieg, war auch die Möglichkeit zur Heranbildung organischen Lebens auf dem Lande resp. an der Luft gegeben (Lufttiere). Heute noch sind gut zwei Dritteile unserer Gesamt-Erdoberfläche von einer über 2000 Meter dicken Wasserschicht bedeckt. Die Annahme, daß zur Zeit der Erscheinung des organischen Lebens auf unserer Erde alle jene auf Bewegung beruhenden Naturerscheinungen d. h. Licht, Wärme, Schall, Elektrizität und Magnetismus bereits vorhanden waren, ist unzweifelhaft richtig. Die vom Lichte, dem Schalle, den Schmeck- und Riechstoffen, der Körperberührung ausgehenden sogenannten Sinnesreize sind demnach der Entstehung der Sinnesthätigkeiten und Sinnesorgane selbst vorausgegangen; indem die

Sinnesreize auf die Organismen einwirkten und letztere auf diese Reize reagierten (Sensibilität Albrecht von Haller's), sind die Sinnesorgane und Sinnesthätigkeiten nachträglich zur Ausbildung gekommen. Ohne Sinnesreiz kein Sinnesorgan und keine Sinnesthätigkeit. Tiere, die stets und ständig im Dunkeln leben, besitzen keine Augen und wenn deren im Lichte lebenden Stammesgenossen solche besitzen, gehen sie bei ihnen zu Grunde, resp. kommen nur noch zu rudimentärer Entwickelung. (Eingeweidewürmer, Höhlentiere, Tiefseetiere s. später.) Demgemäß sind auch die Sinnesempfindungen untrügliche reelle Bilder der Außenwelt, sie erschließen uns mit voller Wahrheit das Wesen der uns umgebenden Dinge. Max Herz in Wien (Kritische Psychiatrie, Wien 1896, K. Prochaska) faßt den Vorgang der Entstehung der Sinnesorgane folgendermaßen auf: „Eine ungeformte flüssige Masse heterogenster Zusammensetzung strömt die Welt der Dinge an den Organismus heran. Da beginnt er zunächst zu sichten, gewissermaßen durchzusieben. An einer Stelle extrahiert er alle Ätherschwingungen und refüsiert alle anderen (Auge), an einer anderen wählt er sich Schwingungen kleinster Massenteilchen der Luft (Ohr) u. s. f. Getrennt leitet er sie seinem Zentralnervensystem zu. Den sinnlichen Rohstoff, den er sich so selbst geschaffen, erhält er also in Gruppen getrennt.“ So die Auffassung von Max Herz. Hinzuzufügen bleibt, daß wir nur für zwei Sorten von Schwingungsarten keine Sinnesorgane haben, für Elektrizität und Magnetismus; von letzterem spüren wir überhaupt nichts. Daß wir für die Einwirkung der Elektrizität kein Sinnesorgan besitzen, erklärt sich leicht daraus, daß freie Elektrizität, welche als Sinnesreiz auf den Organismus wirken könnte, in der Atmosphäre alsbald ausgeglichen wird (Gewitter, Blitz, Wetterleuchten, Nordlichter), somit also von vornherein die Entstehung eines Sinnesorganes für Perception der Elektrizität gegenstandslos geworden ist. Ja unser Körper setzt sogar durch die unbefeuchtete äußere Epidermisschicht der Einwirkung der Elektrizität noch besonderen Widerstand entgegen. Was der tierische Organismus an elektrischer Kraft für seine Existenz bedarf, bezieht er eben nicht von außen, sondern erzeugt er in sich selbst. Außer Licht,

Wärme, Schall, Riechstoffe, Geschmacksstoffe und direkter äußerer Berührung des Körpers d. h. Auge, Ohr, Zunge, Nase und äußere Haut giebt es keine anderen Sinnesreize und ihnen entsprechende Sinnesorgane. Die vorhandenen Sinnesorgane können in den verschiedenen Tierklassen verschieden hoch ausgebildet sein und ihre Leistungsfähigkeit demnach wechseln; aber es giebt **keine** anderen uns **unbekannten** Sinnesreize und Sinnesorgane, wie die oben genannten. Infolge der mannigfach wechselnden Ausbildung und Modifikation der einzelnen Sinnesorgane im Tierreich kommt John Lubbock zu dem folgenden merkwürdigen Ausspruch: „Wir haben fünf Sinne und bilden uns bisweilen ein, daß weiter keine vorhanden sein könnten, aber es ist klar, daß wir bei den engen Grenzen, die uns Menschen gezogen sind, das Unendliche nicht ermessen können. Wenn wir die Frage von der anderen Seite betrachten, so finden wir bei Tieren Sinnesorgane, reichlich mit Nerven ausgestattet, deren Funktionen wir indessen bis jetzt außer stande sind erklären zu können. Es kann fünfzig Sinne geben, die so verschieden von den unserigen sind, wie das Hören vom Sehen, und auch innerhalb der Grenzen unserer Sinnenwelt mögen unendlich viele Töne vorhanden sein, die wir nicht hören, und Farben so verschieden voneinander wie Grün und Rot, für die wir kein Empfindungsvermögen besitzen. Diese und andere tausend Fragen harren noch der Lösung. Die uns umgebende Welt, mit der wir vertraut sind, kann in anderen Tieren einer gänzlich verschiedenen Platz machen, sie kann voll sein von einer Musik, die wir nicht hören, von einer Farbenpracht, die wir nicht sehen, von Gefühlseindrücken, die wir nicht empfinden.“ Diese phantastische Ansicht John Lubbocks muß von uns zurückgewiesen werden. Wo bliebe da die exakte naturwissenschaftliche Forschung! Zwischen Himmel und Erde giebt es für uns nichts weiter als das, worüber unsere sehr zuverlässigen Sinnesorgane uns sichere Auskunft geben. Was sich nicht sinnfällig beweisen läßt, entbehrt jedweder realen Unterlage. Lehren, mögen sie noch so geistreich ausgedacht und noch so logisch herausgetüpfelt sein, sind hinfällig, wenn die ihnen zu Grunde liegende Voraussetzung nicht einer sinnfälligen Thatsache entspricht. Wo dieser sichere Untergrund fehlt, hört die exakte Wissenschaft auf, und wir bewegen uns

auf dem Boden der Hypothese, des Glaubens und des Meinens, eines Bodens, der jeden Augenblick samt dem darauf erbauten stolzen Gebäude anscheinender Wissenschaft zusammenbrechen kann. Mehr wie unseren fünf Sinnen entspricht, giebt es daher im Tierreiche nicht, umgekehrt: je mehr wir in der Tierreihe herabsteigen, desto unvollkommener muß die Sinnesthätigkeit im allgemeinen werden; denn auch ihre Entwickelung geht vom Einfachen zum Zusammengesetzten langsam aufwärts.

Ehe ich indes speziell auf die Entwickelungsgeschichte der Sinnesthätigkeiten und Sinnesorgane im Tierreich übergehe, bedarf es noch eines weiteren orientierenden Überblicks. So falsch und unlogisch, ja geradezu verkehrt es ist, aus den komplizierten Sinnesorganen der höheren Tiere auf die einfacheren Formen der niederen Tierwelt rückschließen zu wollen, weil allein der umgekehrte Weg zu richtigen positiven Schlüssen führen kann, will ich doch einen Augenblick diesen falschen Weg betreten, weil er uns zu einer sehr wichtigen, wenn auch negativen Erkenntnis führt, d. h. uns lehrt, wie die Sinnesthätigkeit der niederen Tierwelt im Vergleich zu der unserigen nicht beschaffen sein kann.

Mit Rücksicht auf das umgebende Medium, in welchem sich das Leben der Tierwelt abspielt, unterscheidet man Tiere, die im Wasser, auf der Erde an oder in der Luft, und solche, die teils im Wasser teils auf der Erde an der Luft (amphibiotisch) leben. Der größte Teil der niederen Tierwelt, die Protozoen oder Urtiere, die Cölenteraten oder Sacktiere, die Echinodermen oder Stachelhäuter, die Mollusken oder Weichtiere, leben, mit alleiniger Ausnahme der Landschnecken, im Wasser; die Würmer ebenfalls im Wasser oder in feuchter Umgebung. Von den Gliedertieren leben die Krebse vorzugsweise im Wasser; von den Wirbeltieren die Fische und Cetaceen. Auf der Erde, an oder in der Luft leben von den Gliedertieren die Spinnen, Tausendfüße und Insekten, von den Wirbeltieren die Vögel und Säugetiere mit Ausnahme der Cetaceen. Teils im Wasser, teils auf der Erde an der Luft leben die Amphibien. Diese Einteilung der Tiere mit Rücksicht auf das umgebende Medium ist für die Erkenntnis von deren Sinnesthätigkeiten im Vergleich zu den unserigen von ausschlaggebender Bedeutung; denn diejenigen unserer Sinnesthätigkeiten, die nur durch Vermittelung

der Luft zu stande kommen können, sind bei Wassertieren nicht möglich. Betrachten wir in dieser Beziehung unsere fünf Sinne, so besteht zwischen Tast- und Geschmackssinn einerseits und Geruchs-, Gehör- und Gesichtssinn andererseits der Unterschied, daß die Tast- und Geschmackseindrücke unsere äußere Haut resp. Mundschleimhaut direkt treffen müssen, während unsere Geruchs-, Gehör- und Gesichtsempfindungen durch die Luft vermittelt werden. Tast- und Geschmackseindrücke können von Wassertieren also mindestens ebensowohl empfunden werden wie bei uns; vermutlich ist ihr Tastsinn bei der zärteren Konstruktion ihrer Körperoberfläche noch feiner wie der unserige, ihr Geschmack ist sicher, da er ja gerade an die Wasserlöslichkeit der zu schmeckenden Substanzen gebunden ist, bei ihnen noch besser entwickelt als bei uns. Wir sind also a priori vollkommen berechtigt, bei Wassertieren wohl organisierte Tast- und Geschmacksorgane zu finden. Von den drei durch die Luft vermittelten Wahrnehmungen (Geruchs-, Gehör und Gesichtssinn) müssen wir ihnen von vornherein die Fähigkeit von Sehvermögen zugestehen, da die Schwingungen des Lichtäthers wenigstens bis zu 200 Faden (1 Faden = 1,88 Meter, 200 Faden = 376 Meter) sich in das Wasser fortzupflanzen vermögen; daher finden wir auch bei Wassertieren, soweit sie nicht in der ewigen Finsternis der Tiefsee leben und sich hier auch nicht selbst durch besondere Leuchtorgane Licht zu schaffen vermögen, wohlausgebildete Sehorgane (Augen). Ein Gehör in unserm Sinne kann bei Wassertieren kaum vorhanden sein; das lehrt ein einfaches Experiment beim Menschen. Füllen wir unseren äußeren Gehörgang mit Wasser, so daß die Schallwellen der Luft unser Trommelfell nicht mehr erreichen können, so sind wir nahezu taub d. h. es bleibt nur ein Rest vom Hörvermögen, soweit ein solches durch die Schädelknochen vermittelt werden kann (Knochenleitung); da nun aber die niederen Wassertiere nich einmal Knochen besitzen, ihre ganze Körpermasse vielmehr von weicher Beschaffenheit ist, so kann hier von einem Hörvermögen kaum die Rede sein: die Wassertiere sind also höchst wahrscheinlich so gut wie taub. Bleibt noch der Geruchssinn übrig. Diese Sinnesthätigkeit ist bei Wassertieren geradezu unmöglich; denn die Stoffe, die man riechen soll, müssen der Luft in gasförmigem Zustande beigemischt sein,

ja bei den Wirbeltieren mit Lungenatmung muß der mit Riechstoffen vermischte Luftstrom, damit die Riechstoffe zur Wahrnehmung kommen können, an der die Geruchsempfindung vermittelnden Schleimhaut der Nase im Strom vorbeigeführt werden können d. h. das Riechorgan muß einerseits mit der umgebenden Luft, anderseits mit der Rachenhöhle und von hier aus mit der Lunge in Verbindung stehen. Das lehren wieder ein paar einfache Experimente beim Menschen. Füllen wir nämlich die Nasenhöhle eines Menschen mit Wasser, so ist sofort aller Geruch verschwunden, mögen wir dem betreffenden Wasser auch noch so scharfe Riechstoffe wie Eau de Cologne u. drgl. beifügen (Versuche von E. H. Weber). Wie wenig das ausgebildete Geruchsorgan an der Luft lebender Tiere das Wasser verträgt, mögen noch die nachfolgenden zwei Beispiele lehren. Der Frosch zieht, wenn er ins Wasser springt, rasch eine Haut über seine äußere Nasenöffnung und schützt sich so, so lange er sich im Wasser aufhält, vor dem Eindringen von Wasser, und ebenso macht es das Krokodil und manche Säugetiere, die viel im Wasser leben und untertauchen (Zuckerkandl). Anders verhält es sich da, wo ein solcher Schutz fehlt, d. h. bei den im Wasser lebenden Säugetieren, den Cetaceen: bei ihnen ist gar kein Geruchsorgan vorhanden und die anatomische Untersuchung ihres Gehirns lehrt, daß auch kein Riechlappen und kein Riechnerv zur Entwickelung gekommen ist. — Selbst bei wasserfreier, normal lufthaltiger Nase riechen wir so lange nichts, als die mit Riechstoffen vermischte Luft in unserer Nase stille steht d. h. bei angehaltenem Atem oder bei Atmung durch den Mund; sie muß vielmehr im Strome von außen nach innen an der Schleimhaut unserer Nase vorbeigeführt werden d. h. wir müssen „schnüffeln“ oder wie man bei unseren mit vorzüglichen Geruchsorganen versehenen Säugetieren sagt: „schnuppern“. Gehör- und Geruchsorgane sind daher bei Wassertieren entweder überhaupt nur mangelhaft entwickelt oder es kann da, wo wir sie besser entwickelt sehen, die von ihnen vermittelte Sinnesempfindung mit der unserigen noch nicht ganz gleich sein. Bekanntlich wittern Fische auf weite Distanzen das Aas. Diese Fähigkeit ihrem Geruchssinn zuzuschreiben, ist nach dem Gesagten absolut falsch; denn ein Fisch kann nicht riechen, das ist eine physiologische Unmöglichkeit; im Wasser gelöste Stoffe

kann eben auch der Fisch nur schmecken. Demgemäß besitzen die Fische in der Mundhöhle an den als Barteln bezeichneten, am Maule befindlichen Anhängen und auch sonst noch nervöse Endapparate, die unseren sogenannten Geschmacksknospen entsprechen: Corpora cyaniformia. Für die Fische ist der Geschmackssinn von allerhöchster Bedeutung; er ersetzt ihnen geradezu unseren Geruchssinn, und wenn wir bei ihnen anatomisch ausgebildete Geruchsorgane finden, so kann deren physiologische Funktion doch nur unserem Geschmackssinn entsprechen. Erst bei solchen Tieren, die an der Luft leben, kann das anatomisch ausgebildete Geruchsorgan auch die ihm wirklich zukommende Funktion der Vermittelung des Geruchssinnes übernehmen. Geruchs- und Geschmackssinn (Riech - Schmecksinn) sind eben bei den Wassertieren, wenigstens im physiologischen Sinne, noch nicht differenziert, wenn auch die betreffenden Organe anatomisch bereits ausgebildet sind; die physiologische Differenzierung findet erst bei den an der Luft lebenden Tieren statt. Aber auch der Mensch verwechselt noch sehr leicht den Geschmacks- und Geruchssinn und spricht irrtümlich von einem aromatischen oder würzigen Geschmack u. s. f. Er verwechselt ferner den Geschmackssinn auch mit Empfindungen, die in das Gebiet des Tast- und Gefühlssinnes hineingehören, und spricht von einem stechenden, scharfen, beißenden, kühlenden, brennenden Geschmack. Ja wir sind sogar nicht imstande, die feinen Verschiedenheiten des Geschmacks richtig wahrzunehmen, wenn sich unser Riechepithel nicht in ganz normalem Zustande befindet (Schnupfen!). Daraus können wir auch bei uns noch klar die nahe Verwandtschaft des Geschmacks- und Geruchssinnes erkennen. Offenbar sind also ursprünglich die drei Sinnesempfindungen des Tastsinnes, Geschmackssinnes und Geruchssinnes ineinanderfließend und bilden eine noch nicht differenzierte Sinnesempfindung der niederen Tierwelt (Ursinnesempfindung), aus welcher erst zuletzt mit dem Leben an der Luft der Geruchssinn als besonderer Sinn sich abscheidet. Daß im Wasser lebende Tiere in Bezug auf ihre Sinnesthätigkeit und den Bau ihrer Sinnesorgane andere Verhältnisse bieten, wie an der Luft lebende Tiere, ist sonach nicht zu verwundern.

Betrachten wir uns jetzt die Sinnesthätigkeit der niedersten Tierwelt. Bereits die niederststehenden, sog. einzelligen Tiere, die Protozoen oder Urtiere (Infusorien etc. etc.), an welchen — wenigstens bis jetzt — irgend welche Organe zu finden überhaupt noch nicht gelungen ist, besitzen Empfindung und Bewegung; das sie zusammensetzende, noch undifferenzierte Protoplasma (Sarkode) vereinigt in sich, ähnlich der Pflanzenzelle, die Fähigkeit der Atmung, der Ernährung, der Fortpflanzung, der Bewegung und der Empfindung, Eigenschaften, welche bei den über ihnen stehenden Tieren an besondere Organe gebunden sind. Wenn ich hier des feineren Baues der Protozoen oder Urtiere Erwähnung gethan habe, müssen wir uns wohl vergegenwärtigen, daß auch unsere besten Mikroskope noch lange nicht imstande sind, uns den feinsten Bau der pflanzlichen oder tierischen Zelle zu enthüllen. Auch das kleinste mit unseren heutigen Hülfsmitteln noch zu erkennende Teilchen organischer Materie ist doch in Wirklichkeit noch aus vielen Millionen Molekülen zusammengesetzt, jedes Molekül ist aber noch dazu eine Zusammensetzung von Atomen als kleinster Teilchen, also immer noch ein sehr komplizierter zusammengesetzter Körper. Wie viel ist uns also noch über die feinste histologische Struktur der Zelle unbekannt! Wie sehr wird also auch die Zukunft noch an der Hand vervollkommneterer Untersuchungsmethoden unsere Erkenntnis über die feinere Struktur der Urtiere erweitern! Was wir von dieser heute wissen, ist sicher noch sehr unvollkommen, und dasselbe gilt natürlich auch von den Beziehungen dieser Tiere zu den sie umgebenden Medien resp. von dem Wechselverkehr zwischen diesen Tieren und der Außenwelt.

Wie dem nun auch sein möge und welche wunderbaren Enthüllungen in dieser Beziehung die Zukunft noch in ihrem Schoße birgt, soviel wissen wir heute, daß mit der höheren Entwickelung der Tierwelt diejenigen Funktionen, welche zur Erhaltung und Fortpflanzung jedweden Tieres nötig sind, und welche bei den Protozoen das sie zusammensetzende Protoplasma (Sarkodemasse) in seiner Gesamtheit gleichzeitig ausübt, an einzelne Organe übergehen, und als besondere Apparate zur Ausbildung kommen: Atmungsapparat, Verdauungsapparat, Fortpflanzungs- resp. Geschlechtsapparat, Sinnesapparat. Damit

geht also die Sinnesthätigkeit der Tierwelt, die bei den einzelligen Tieren gleichwie bei der Pflanzenzelle noch dem Gesamtprotoplasma der Zelle, resp. der Sarkode innewohnte, an besondere Sinnesapparate oder Sinnesorgane über. Diese Sinnesorgane dienen den niederen Tieren als Sonden oder Fühler, mittelst deren sie mit der sie umgebenden Außenwelt in Verbindung treten und die ihnen über deren Beschaffenheit Nachricht geben, sei es, daß es sich um Herbeischaffung passender Nahrung, sei es, daß es sich um die Erhaltung des Geschlechtes, sei es, daß es sich um Schutz vor drohender Gefahr handelt.

Wollen wir uns einen Einblick in die Sinnesthätigkeit dieser Tiere bilden, so sind wir zunächst auf die Anatomie angewiesen. Wir müssen diejenigen Organe aufsuchen und nachweisen, welche überhaupt imstande sind, eine Sinnesthätigkeit zu vermitteln. In welcher Weise diese Organe physiologisch funktionieren, resp. welche Art von Sinnesthätigkeit sie vermitteln, können wir nur aus den Lebensbedingungen und Lebensäußerungen, insbesondere den Bewegungen der betr. Tiere, indirekt erschließen. Als anatomische Grundlage eines Sinnesorganes müssen wir fordern: einen besonderen Endapparat, einen Leitungsnerv und ein nervöses Zentrum, d. h. zum wenigsten eine als solches funktionierende Nervenzelle. Damit ist uns der anatomische Wegweiser zum Nachweis von Sinnesorganen in der Tierwelt gegeben, soweit sie überhaupt eine Ausbildung von einzelnen Organen erkennen läßt. Es muß unser höchstes Interesse erregen, wenn zwei Forscher, Stewart und von Lendenfeld, bereits bei den Kalkschwämmen, d. h. der niedersten Stufe der Sacktiere oder Cölenteraten solche Sinnesorgane gefunden zu haben scheinen. v. Lendenfeld beschreibt folgende Gebilde, die sich rings um den Eingang in die Körperöffnung oder Sacköffnung, Osculum genannt, bei dem Knollenkalkschwamm von Grönland, *Leucandra penicillata* (vergl. Brehm's Tierleben, 3. Aufl. Bd. X S. 633) befinden: Gruppen von spindelförmigen Zellen, welche an der Hautoberfläche endigen und Ausläufer nach innen zu absenden, um hier anscheinend mit sternförmigen Zellen in Verbindung zu treten, welche nervöser Natur zu sein scheinen, also Nerven- oder Ganglienzellen. Jene spindelförmigen Zellen

in der Hautoberfläche als Endapparat eines Sinnesorganes pflegen bei den niederen Tieren sehr charakteristisch und sachgemäß als Sinneszellen bezeichnet zu werden: sie vermitteln eine Sinnesthätigkeit, und es bleibt dabei zunächst noch dahingestellt, welcher Art diese Sinnesthätigkeit beschaffen ist. Diese rings um das Osculum stehenden Sinneszellen der *Leucandra penicillata* mit ihren Ausläufern und dazugehörigen Nervenzellen stellen somit die älteste und ursprünglichste Form eines Sinnesorganes, resp. eines Nervensystems überhaupt, in der Tierwelt dar; gehören doch die Schwämme mit den übrigen niedrig organisierten Tieren — alle Bewohner des Wassers — zu den ältesten Überresten tierischen Lebens auf unserer Erde, wie sie die Geologie in den untersten Schichten der sog. cambrischen Formation nachgewiesen hat. Welch' unfaßbar weiter Weg bis zur Ausbildung der komplizierten Sinnesorgane und des Nervensystems des zuletzt auf der Erde zur Entwickelung gekommenen, höchstorganisierten Säugetieres, des Menschen! Und doch vermissen wir auch beim Aufbau unserer Sinnesorgane samt Nervensystem nicht jenes Grundprinzip, nach dem auch das ursprüngliche Sinnesorgan resp. Nervensystem jenes unscheinbaren Kalkschwämmchens (Leucandra penicillata) aufgebaut ist: 1) einen besonderen peripheren Endapparat, zunächst nur eine Sinneszelle, welche den von außen kommenden Sinnesreiz in einen Nervenreiz umsetzt, 2) einen Leitungsnerv und 3) ein nervöses Zentrum, zunächst nur eine Nervenzelle (Neuron). Bei der Entwickelung der mehrzelligen Tiere unterscheiden wir bekanntlich 3 Schichten: Das Ektoderm zu äußerst, dann das Mesoderm, zu innerst das Endoderm. Mit der Ausbildung dieser 3 Schichten geht die weitere Entwickelung der Sinnesorgane bei den Tieren an das Ektoderm über, welches ja auch zunächst von den von außen kommenden Sinnesreizen getroffen wird. Indem diese Sinnesreize die ursprünglich indifferente Zelllage des Ektoderms treffen, tritt eine Differenzierung dieser Zellen in einfache Epithelien und in Sinneszellen ein, welch' letztere durch einen leitenden Nerv mit einer zentralen Nerven-, resp. Ganglienzelle in Verbindung treten. Damit haben wir die primitivste Form eines Sinnesorganes, bestehend aus der Sinneszelle als Sinnesendapparat mit zugehöriger Nervenleitung, wie es von Lendenfeld bei der *Leucandra*

penicillata zuerst nachgewiesen hat. Zunächst finden wir hier nur noch eine Art von Sinneszellen, natürlich auch nur einer einzigen Art von Sinnesthätigkeit entsprechend. Erst mit der höheren Organisation der Tierwelt tritt eine weitere Differenzierung der Sinneszellen in Seh-, Gehör-, Geruchs-, Geschmacks- und Tast-Sinneszellen ein und damit auch eine dementsprechende Vervielfältigung der Sinnesthätigkeiten. Allüberall aber — und mag das betreffende Sinnesorgan auch noch so kompliziert gestaltet sein — finden wir die ursprüngliche Sinneszelle in dem betreffenden Sinnesapparate entsprechend modifiziert wieder; sie ist es, die stets den äußeren Sinnesreiz perzipiert, d. h. in einen Nervenreiz umsetzt und diesen Reiz dann an den zugehörigen Nerven zur Weiterleitung an das nervöse Zentralorgan überträgt, so daß hier je nachdem eine Gesichts-, oder Gehörs-, oder Geruchs-, oder Geschmacks-, oder Tast-Empfindung zur Wahrnehmung kommt.

In Bezug auf die Lokalisation der Sinnesorgane am tierischen Organismus lehrt uns deren Entstehungsart, daß allüberall da, wo ein Ektoderm ist, d. h. also auf der ganzen äußeren Körperoberfläche, auch Sinnesorgane entstehen können. Solange die Sinneszellen über die ganze Körperoberfläche zerstreut liegen, ist auch die ganze Körperoberfläche, wie früher bei den einzelligen Tieren das gesamte Zellenprotoplasma (Sarkode), Sinnesorgan. Regenwürmer besitzen bekanntlich keine Augen; sie reagieren mit ihrer ganzen Körperoberfläche auf Licht, vorwiegend freilich mit ihrem Kopfende (Veit Graber u. a.). Bei der weiteren Ausbildung einzelner differenter Sinnesorgane können dieselben ferner überall sich ausbilden, wo sich Ektoderm befindet, d. h. überall auf der ganzen Körper- resp. Hautoberfläche. Demnach hat es auch gar nichts Wunderbares an sich, wenn wir niedere Tiere finden, die Augen auf dem Rücken oder an den Seiten oder am Hinterende des Körpers haben, andere die ihre Hörorgane im Schwanze haben (Crustaceengattung Mysis). Wenn wir in solchen Fällen genauer zusehen, hat das stets seinen durch die Lebensweise des betr. Tieres bedingten Zweckmäßigkeitsgrund. Unter den Würmern finden sich einzelne Arten, wie die der Gattung *Amphicora,* welche im Zusammenhang mit der Fähigkeit, gleich geschickt sich nach vorn und nach hinten zu bewegen, Augen an beiden Körperenden besitzen,

und andere, die *Polyophthalmus*-Arten, die solche sogar auf allen Segmenten tragen. Wo sollten z. B. bei einer Muschel an anderen Stellen des Körpers Augen sitzen, als an solchen, die das Tier aus seiner Schale herausstrecken kann und so dem Lichte aussetzt, d. h. am freien Mantelrande oder an der Mündung der Atemröhre (Sipho)? Die den Röhrenwürmern zugehörige *Sabella* (Branchioma) hat ihre Augen an den Kiemen, die Seesterne haben sie am Ende ihrer Arme, die Medusen am Rande des glockenförmigen Körpers d. h. immer an Orten, wo die Augen auch frei benutzt und einer allseitigen freien Ortsbewegung dienstbar gemacht werden können. Eine über die südliche Hemisphäre weitverbreitete Gattung von Nacktschnecken, *Onchidium*, hat über den Rücken zerstreut bis zu 100 Augen. Warum? Das Tier besitzt auf dem Rücken Drüsen, deren Inhalt es seinen sich nähernden Feinden entgegenspritzt; bei der trägen Beweglichkeit des Tieres würden ihm diese Drüsen nichts nützen, besäße es eben nicht jene Rückenaugen, die ihm den rücklings nahenden Feind verraten u. s. f. u. s. f. Auch die Ohren finden wir bei manchen Tieren an den Beinen. Im allgemeinen pflegen wir die Gesichts- und Gehörorgane am Kopfe der Tiere zu finden; die Geschmacksorgane liegen natürlich im Munde oder doch in dessen unmittelbarer Nähe und ebenso pflegen sich die Geruchsorgane zu lokalisieren. Der Tastsinn nimmt die gesamte Körperoberfläche ein, nur hier mehr, dort weniger vollkommen.

II. Niedere sog. vegetative Sinne: Tastsinn, Geschmackssinn, Geruchssinn.

Wir kommen jetzt zur Beantwortung der Frage, welche Art von Sinnesthätigkeit jene primitiven, gleichförmig gebauten Sinneszellen der niedersten Tierwelt zu vermitteln imstande sind. Hier müssen wir zunächst zugestehen, daß wir uns überhaupt keine ganz klare und sichere Vorstellung von deren Sinnesthätigkeiten machen können; allein wir sind doch wohl zu der Annahme berechtigt, daß es sich nur um Tast-, vielleicht auch Geschmacks-Empfindungen handeln kann. Bei dem einförmigen Bau jener Sinneszellen kann es sich auch nur um eine Sinnesthätigkeit handeln (Ursinnesthätigkeit); indes könnte die dadurch vermittelte Empfindung sehr wohl eine gemischte

Tast-, Geschmacksempfindung sein (unsere Mundhöhle!). Gleich wie bei den Protozoen die sie konstruierende einförmige Sarkodemasse (Protoplasma) allen zu ihrem Leben nötigen Funktionen entspricht (Atmung, Ernährung, Fortpflanzung, Empfindung, Bewegung), ohne daß also noch diese einzelnen Funktionen je besonderen Organen entsprechen, welche sich erst bei höher stehenden Tieren differenzieren, so entspricht bei den niederen Tieren auch die eine Art von Sinneszellen aller zu ihrem Leben nötigen Sinnesthätigkeit, die wir bei den höher stehenden Tieren sich allmählich in fünf gesonderte Sinnesfunktionen differenzieren sehen, gebunden an fünf verschiedene Sinnesorgane. Ein eine Sinneszelle treffender Reiz kann indes bei den niederen Tieren eine Misch- oder Doppelempfindung auslösen (Tast-Geschmacksempfindung). Ja auch das Licht wirkt sicher wie auf die Sarkodemasse der Protozoen, so auch auf diese Sinneszellen ein und veranlaßt diese Tiere zu besonderen Lebensäußerungen d. h. bewirkt, daß sie das Licht aufsuchen oder meiden. Natürlich dreht es sich hier so wenig wie bei der Pflanzenzelle, die bekanntlich ebenfalls auf Licht reagiert (Heliotropismus und Thermotropismus) um wirkliches räumliches Sehen, sondern nur um einen Einfluß von Hell und Dunkel sowie von Farben, vielleicht also bloß um eine physikalisch-chemische Wirkung des Lichtes (chemotaktisch). Gleichsam als ob die Natur bei der nur in beschränktem Maße möglichen Sinnesthätigkeit der niederen Tierwelt einen Ersatz für eben diese Beschränkung bieten wollte, sehen wir die Tastorgane vieler dieser Tiere in einer so vollendeten Weise entwickelt und ausgebildet, wie wir es bei den höheren Tieren mit ihren 5 Sinnen niemals wiederfinden. Gleich die nach den Schwämmen kommende höhere Unterabteilung der Cölenteraten, die Nesseltiere (umfassend Schwimmpolypen, Hydromedusen, Scheibenquallen, Seeanemonen oder Aktinien, Korallen etc.) besitzen wunderbar konstruierte sog. Nesselkapseln oder Nesselzellen. Jede Nesselkapsel enthält einen Nesselfaden, der wie ein umgestülpter Strumpf in der Kapsel eingezogen liegt, bis an die Spitze mit Widerhaken versehen und wahrscheinlich mit giftiger Masse gefüllt ist; häufig sind die Nesselzellen zu Gruppen, sog. Nesselbatterien vereinigt. Ein einziges Tier besitzt eine große Zahl solcher Nesselzellen. „Die in der Nordsee lebende gemeine rote Seerose (Actinia mesem-

bryanthemum) hat in einem Fangarme von mittlerer Größe mehr als 4 Millionen reifer Nesselkapseln und in all' ihren Fangarmen zusammen wenigstens 500 Millionen. Ein Fangarm der prachtvollen sammtgrünen Seerose (Anthea cereus) enthält über 43 Millionen Nesselkapseln, also besitzt ein Tier mit 150 Fangarmen den ungeheuren Vorrat von 6450 Millionen." Diese Tiere können sehr gefährlich werden. Die *Physalia pelagica* verursacht Ohnmachtsanfälle, Fieber bis zur Lebensgefahr. Bei den Rippenquallen treten an Stelle der Nesselzellen Greifzellen, d. h. halbkugelförmige kleine Hervorragungen der Fangfäden mit einem elastischen, spiralisch aufgerollten Stiele, aber ohne Giftapparat; die halbkugelförmigen Hervorragungen sind mit starkklebenden Körnchen besetzt, an denen leicht kleinere Crustaceen hängen bleiben. Die auf die Cölenteraten folgende nächste Abteilung der niederen Tiere, die Echinodermata oder Stachelhäuter (umfassend die Seewalzen, Seeigel, Seesterne, Schlangensterne und Haarsterne) besitzen Ambulacralfüße oder kurz Ambulacren, die sich um den Mund herum zu Tentakeln herausbilden; außerdem besitzen die Seeigel und Seesterne noch Pedicellarien und Stacheln. Die Ambulacralfüßchen sind häutige Hohlzylinder mit einer Saugscheibe am Ende und dienen hauptsächlich der Fortbewegung, sind zugleich aber auch fähig, sehr zarte Eindrücke von gewissen Eigenschaften der Körper, an welche sie sich heften, zu empfinden. Die Tentakeln dienen nur dem Tasten, die Pedicellarien sind teils Tast-, teils Reinigungsorgane. Die Stacheln benutzen die Seeigel wie Stelzen. — In der gesamten niederen Tierwelt sehen wir Tast- und Gefühlsorgane in der mannigfachsten Weise ausgebildet als Wimperepithel, Bündel hervorstehender Haare oder Borsten, Warzen, Rückenanhänge oder Rückenzirren, Rüsseln, Tentakeln (alles besonders bei Würmern), ferner als Fühler (Krebse, Insekten etc.). Ich gehe des näheren hierauf nicht weiter ein. Nochmals kurz zusammengefaßt haben wir uns also die Sinnesthätigkeit der gesamten im Wasser lebenden Tierwelt im wesentlichen als auf dem Tast- und Geschmackssinn beruhend vorzustellen, ohne daß sich anatomisch ein Unterschied einzelner Sinneszellen herausfinden ließe; es scheint hier ein und dasselbe Sinnesendorgan zwei Sinnen zugleich zu dienen (Mischempfindung), d. h. die Ursinnesthätigkeit der niederen Tierwelt entspricht

einer gemischten Tast-Geschmacksempfindung. Der Tast-Geschmackssinn ist die erste und älteste Sinnesempfindung in der Tierwelt und im gesamten Tierreiche vom niedersten bis zum höchsten Tiere vorhanden (Ursinn). Obwohl der Tastsinn zu den niederen Sinnen gerechnet wird, ist doch kein Sinn im gesamten Tierreiche von gleich großer Wichtigkeit. Ohne ihn ist das tierische Leben undenkbar. Durch ihre freie Bewegung unterscheiden sich die Tiere wesentlich von den Pflanzen; die freie Bewegung bedurfte aber eines Sinnes, der dem Tiere über die Beschaffenheit seiner Umgebung Nachricht gab und es zugleich vor äußerer Beschädigung schützte, und so führte die freie Bewegung zum Tastsinn als Ursinn. Jedem unserer Sinne steht ein Bewegungsapparat zur Seite, der es ihm ermöglicht, die ihm zukommende Funktion zweckentsprechend zu erfüllen: Dem Gesichtssinn die Augenmuskulatur, dem Gehörsinn die Sprachmuskulatur, dem Geruchssinn die Atmungsmuskulatur, dem Geschmackssinn die Zungen- und Kaumuskulatur, dem Tastsinn die Gesamtkörpermuskulatur. Aus dem Tastsinn haben sich durch Umbildung und Differenzierung der Endorgane alle übrigen Sinne entwickelt, und dem entspricht auch unsere heutige physikalische Auffassung der Sinnesthätigkeit. Denn jede Sinnesthätigkeit setzt Reize, jede Wirksamkeit der Reize aber physikalisch eine Berührung voraus, ob nun diese bewirkt werde durch den Anprall der Moleküle eines hypothetischen Mediums des Äthers, der Luftteilchen oder sonstiger wirklicher ponderabler Massen ist insofern unwesentlich, als die wissenschaftliche Auffassung nur die logische Kontinuität der Vorstellungen zu wahren hat (Albrecht Rau). Kein Sinn ist beim Neugebornen bereits so entwickelt wie der Tastsinn, an ihn schließt sich die erste Verstandesthätigkeit der hirnbegabten Tiere an, vom niedersten bis zum höchsten. Der Tastsinn ist der Erzieher der höheren Sinne, insbesondere unseres höchsten Sinnes, des Gesichtssinnes. Dem Blinden ersetzt der Tastsinn den Gesichtssinn. Ja man nehme dem Menschen alle Sinne und lasse ihm allein den Tastsinn: er bleibt immer noch erziehungs- und bildungsfähig. (Laura Bridgemann, Oliver Caswell, Helene Keller). Fiele auch der Tastsinn noch weg, so wäre das betr. Geschöpf nur noch eine rein vegetierende blödsinnige organische Masse, die man

nur mit Hülfe einer künstlichen Ernährung am Leben erhalten könnte. — Der Geruchssinn ist im Wasser ganz unmöglich, und das bei den Fischen anatomisch ausgebildete Geruchsorgan muß noch eine unserem Geschmack vergleichbare Sinnesempfindung vermitteln. Erst mit dem Erscheinen von Lufttieren konnte der Geruchssinn zur Ausbildung kommen (Steinkohlenformation: Spinnen, Insekten, Amphibien). Die Sinnesthätigkeit der im Wasser lebenden Tiere entspricht demnach im wesentlichen den sog. niederen Sinnen der höheren Säugetiere (Tastsinn, Geschmackssinn, Geruchssinn), nur daß der Geruchssinn noch nicht vom Tast-Geschmackssinn abgetrennt ist, und dies ist auch ganz selbstverständlich, denn wenn wir die fünf Sinne der Säugetiere in niedere und höhere einteilen, d. h. Gehör- und Gesichtssinn als die beiden höheren Sinne bezeichnen, so geschieht dies darum, weil unsere drei niederen Sinne zu den sog. niederen, vegetativen Thätigkeiten unseres Körpers in Beziehung stehen, zu der Ernährung und Fortpflanzung, während die beiden höheren Sinne (Gehör und Gesicht) den höheren, sog. animalen Thätigkeiten, d. h. der geistigen Wahrnehmung, Empfindung und willkürlichen Bewegung, vorstehen. Nun ist aber die ganze Lebensthätigkeit der niederen Tierwelt (Protozoa, Coelenterata, Echinodermata und Mollusca) eine wesentlich vegetative, auf Ernährung und Fortpflanzung gerichtete, wofür eben die niederen Sinne bestimmt sind. Von den beiden höheren Sinnen kommt der Gehörsinn als solcher bei Wassertieren kaum in Betracht, sie sind alle ganz oder doch nahezu taub; dagegen ist der Gesichtssinn insoweit möglich, als die Tiere in höheren Wasserregionen leben, in die die Schwingungen des Lichtäthers noch eindringen, ungefähr 200 Faden; unterhalb dieser Tiefe herrscht völlige Finsternis. Die in diesen Tiefen ewiger Nacht lebenden Tiere haben keine oder doch nur rudimentär entwickelte Augen, während andere sehr wohl ausgebildete Augen besitzen; dann sind diese Tiere aber auch im stande sich selbst zu leuchten, indem sich an ihrem Körper ganze Reihen von Leuchtorganen befinden, die sie nach Willkür leuchten lassen können. Bei *Photichthys argenteus* liegt das bedeutendste dieser Leuchtorgane gerade unterhalb jedes Auges, sodaß dieser Fisch geradezu mit einer Blendlaterne ver-

sehen ist; er läßt sein Licht leuchten, eine Beute zu erhaschen, er läßt es wieder erlöschen, wenn er sich unsichtbar vor Verfolgern machen will. Bei anderen Arten mag das Licht auch als Verteidigungsmittel dienen; so haben manche Arten der Gattung *Scopelus* große Leuchtorgane am Schwanze, sodaß ein von hier aus gleichsam abgeschossener Lichtkegel einen Feind blenden und verscheuchen kann. Bei wieder anderen mögen sie als Lockmittel dienen, *Ceratias bispinosus* z. B. hat einen roten Faden über dem Maule am Kopfe hängen mit einem Leuchtorgane am freien Ende zum Anlocken von Beutetieren.

Was wir bei Wassertieren von anatomisch ausgebildeten Geruchs- und Gehörorganen finden, entspricht in seiner physiologischen Funktion noch nicht der späteren endgültigen bei Lufttieren. Die Cephalopoden z. B. zeigen hinter dem Auge je ein sackförmiges, 2—$2^1/_2$ mm langes Grübchen mit spaltförmiger Öffnung nach außen. Das Innere dieser Grübchen ist mit großen cylindrischen Wimperzellen ausgekleidet, zwischen welchen keulenförmige Sinneszellen mit großen Kernen eingestreut sind, deren gegen die Höhle gekehrtes Ende ein starres Stäbchen trägt, während das entgegengesetzte mit Ästchen des Riechnerven zusammenhängt, also Riechzellen wie bei den höheren Tieren. Die Fische besitzen ein anatomisch wohl ausgebildetes Riechorgan: eine Nasenhöhle (Riechsack), von der der Riechnerv zum Riechlappen am Vorderhirn emporsteigt; die Nasenhöhle (Riechsack) endet, sei es, daß sie wie bei den Cyclostomen oder Rundmäulern (Petromyzontidae und Myxinidae) einfach medial liegt, oder wie bei den übrigen Fischen doppelseitig ausgebildet ist, mit wenigen Ausnahmen (Myxinidae und Dipnoi oder Lungenfische) nach hinten blind, d. h. ohne alle Verbindung mit der Mund- oder Gaumenhöhle. In Wasser gelöste Stoffe kann man aber nun einmal nicht riechen, sondern nur schmecken, also können es auch nur Geschmacksempfindungen sein, welche diese anatomischen Riechorgane der Wassertiere vermitteln. Erst der Aufenthalt an der Luft ermöglicht den Geruchssinn, hier erlangt er aber alsbald eine Bedeutung, die weit über die des Geschmackssinnes hinausgeht. Während bei den Wassertieren die feine Ausbildung des Geschmackssinnes überwiegt, und dieser Sinn gleichsam die Funktion des späteren Geruchssinnes einstweilen noch mitversieht, tritt bei den Lufttieren

gerade der Geruchssinn immer mächtiger hervor und überwiegt den Geschmackssinn an Bedeutung. Bei Lufttieren erhält der Geruchssinn gerade umgekehrt wie bei den Wassertieren das Übergewicht über den Geschmackssinn. Schon bei den niederen Lufttieren, den an der Luft lebenden Weichtieren, den Land- und Lungenschnecken, ferner den Insekten — bei den Spinnen sind bis jetzt Geruchsorgane noch nicht mit Sicherheit nachgewiesen — ist der Geruchssinn von hoher Bedeutung; er dient hier zum Auffinden der Nahrung, zum Finden der richtigen Fährte, zum Erkennen anderer Individuen, zur Unterscheidung von Freund und Feind, zur Vermittlung der Fortpflanzung. Es kann gar keinem Zweifel unterliegen, daß die Insekten ein sehr feines Geruchsvermögen besitzen, weit feiner wie wir Menschen. Der anatomische Sitz des Geruchssinnes bei den Landschnecken wie bei den Insekten kann aller Wahrscheinlichkeit nach nur in den Fühlern gesucht werden. Die Nervenendigungen des Riechorganes sind kaum von solchen des Tastorganes zu unterscheiden: eine Sinneszelle mit Riechstift in Riechgruben oder hörner- und keulenförmige Gebilde neben den Tastorganen. Der Geruchssinn scheint bei den Insekten alle anderen Sinnesthätigkeiten zu überragen und gerade mittelst dieses Sinnes sind sie befähigt, uns in gerechtes Staunen zu versetzen. Sie gebrauchen ihre Fühler wie die Säugetiere (Elefant, Tapir, Schwein, Maulwurf) ihren Rüssel oder (Hund, Katze) ihre Schnautze benutzen. Insofern der Geruchssinn sowohl bei den Landschnecken als bei den Insekten in keinerlei Beziehung zur Atmung steht, unterscheidet er sich noch von dem Geruchssinn der an der Luft lebenden Wirbeltiere und verrät damit nur zu deutlich seine nahe Verwandtschaft zum Tast-Geschmackssinn. Erst bei den durch Lungen atmenden Wirbeltieren übernimmt der Geruchssinn noch die besondere Mission eines Wächters des Atmungsprozesses. Wie wichtig der Geruchssinn aber auch für viele an der Luft lebenden Wirbeltiere in Bezug auf Erhaltung ihrer Existenz, ihre Ernährung und Fortpflanzung ist, beweist die hohe Ausbildung des Geruchsorganes bei vielen derselben, selbst solchen, die noch auf sehr niederer Stufe der Entwicklung stehen, wie bei den Reptilien, bei denen zuerst im Tierreiche eine wirkliche Hirnrinde zur Ausbildung gelangt. Edinger ist es gelungen, den Nachweis zu führen, daß z. B. bei

der Riesenschildkröte (Chelone midas) wesentlich an den Riechapparat sich die erste Entwickelung der Hirnrinde anschließt, daß somit der phylogenetisch mit am älteste Rindenteil und somit auch die phylogenetisch älteste psychische Thätigkeit des Tieres an den Riechapparat, resp. an den Riechakt anknüpft (Tast-, Schmeck-, Riechsinn). Gleichwie bei den Insekten muß also auch noch bei den niederen Wirbeltieren der Geruchssinn als höchststehender Sinn bezeichnet werden. Aber auch noch hoch in die Reihen der Wirbeltiere hinauf können wir die feine Ausbildung des Geruchssinnes bewundern, ich brauche nur an den wunderbaren Geruchssinn unserer Hunde zu erinnern. Eine Ausnahme machen die Vögel: ihr Geruchsinn ist wenig entwickelt, dagegen übertreffen sie alle anderen Geschöpfe an Schärfe des Gesichtes.

Ich kann die Betrachtung der sog. niederen Sinne (Tast-, Geschmacks- und Geruchssinn) nicht verlassen, ohne nochmals auf deren nahe gegenseitige Verwandtschaft aufmerksam zu machen. Bei der niederen Tierwelt geht diese Verwandtschaft schon daraus hervor, daß sich die Sinnesendapparate für den Tastsinn, Geschmackssinn und Geruchssinn anatomisch meist gar nicht unterscheiden lassen; sie läßt sich aber des weiteren bis zum Menschen hinauf anatomisch nachweisen. Die Tastzellen in der Haut, die Geschmackszellen auf der Zunge, die Riechzellen in der Nasenschleimhaut sind ja alle nichts anderes als die Nachfolger jener uralten Sinneszellen, die sich als einfachstes Sinnesorgan und nur noch eine einzige Ursinnesempfindung vermittelnd bei jenem niederst stehenden Kalkschwämmchen (Leucandra penicillata), rings um das Osculum gelagert, vorfindet. Noch bei den oligochaeten Würmern (Lumbricus) bilden dieselben Sinneszellen, zwischen die Epithelzellen der Haut eingelagert, die Endigungen des sensiblen Nervensystems (M. von Lenhossek, G. Retzius u. a.). Sensibles und sensorisches Nervensystem haben aber doch wohl denselben Ursprung (der Regenwurm reagiert auf Licht- und Geruchsreize und hat doch keine eigentlichen Sinnesorgane). Speziell in Bezug auf die Endigungsweise des Riechnerven, der diesen ursprünglichen Verhältnissen noch heute am nächsten steht, sagt G. Retzius in seinen „Biologischen Untersuchungen“ (Bd. III, 1892): „Die noch bei den höchsten Tieren, den Säugern, vorhandenen Ver-

hältnisse des Riechorganes erweisen sich nach ihrem histologisch-morphologischen Bau als sehr primitive, auf einem niedrigen Standpunkte stehen gebliebene.“ Bei den höheren Säugetieren und den Menschen ist es allein der Riechnerv, der in einer Sinneszelle im Schleimhautepithel der Nase endigend noch an die älteste ursprüngliche Konstruktion sensibler und sensorischer nervöser Organe der niedersten mehrzelligen Wassertiere erinnert. Tast- und Geschmacksorgane der höheren Tiere stehen, wenn wir weiter den Auseinandersetzungen von G. Retzius folgen, bereits auf einer höheren Stufe der Entwicklung: Der Zellkörper der früheren Sinneszelle ist zentralwärts vom Epithel in die Tiefe abgerückt und sendet einen Ausläufer weiter nach dem Zentralorgan, dagegen einen zweiten Ausläufer peripherwärts zum Epithel, wo er die dem Tast-, resp. dem Geschmackssinn dienenden Sinneszellen umspinnt und in frei auslaufenden Spitzen endet, d. h. mit denselben in keinerlei direkte Verbindung tritt, wie es bei der ursprünglichen (primären) Sinneszelle der Fall war. Retzius bezeichnet daher die Tast- und Geschmackszellen der höheren Tiere als sekundäre Sinneszellen. Anticipando sei hier gleich bemerkt, daß es sich bei den Haar- oder Hörzellen im Epithel des Hörorganes gerade so verhält, d. h. auch sie sind solche sekundäre Sinneszellen, umsponnen von den Endausläufern der Gehörnerven. In der Retina finden wir in der Stäbchen- und Zapfenschicht nebst den dazu gehörigen Körnern der Körnerschicht die Repräsentanten der alten Sinneszellen, die allmählich in Sehsinneszellen oder Stäbchenzellen übergingen, wieder.

Gleichwie alle unsere verschiedenen Sinnesorgane aus der ursprünglich einheitlichen Form der Sinneszelle hervorgegangen sind, so war ursprünglich auch nur eine Form von Nervenfasern vorhanden, die eben die Sinneszelle mit ihrem Zentralorgane, d. h. ursprünglich einer einfachen subkutan gelegenen Nervenzelle, verband. Die Nervenfaser war ursprünglich nichts anderes als ein Leiter des in der Sinneszelle zu einem Nervenreiz umgewandelten, von außen kommenden Sinnesreizes zum nervösen Zentralorgan. Erst allmählich durch Arbeitsteilung haben sich die verschiedenen Arten von Nerven herausgebildet. Ob eine Nervenfaser sensible oder sensorische oder motorische

Reize leitet, das hängt einzig und allein davon ab, mit welchem Endapparate sie eben in Verbindung steht. Die Spezifizität einer Sinnesthätigkeit beruht auf deren dem äußeren Sinnesreize angepaßten Sinnesapparate (Sinnesorgan). Daß der Sehnerv auch auf ihn unäquate Reize stets mit einer Lichtwahrnehmung, der Gehörnerv mit einer Gehörwahrnehmung antwortet, ist eine erst im Leben anerzogene und erworbene Eigenschaft, beruht aber nicht auf einer Spezifizität des betreffenden Nerven. Anatomisch sieht eine Nervenfaser aus wie die andere: Achsencylinder und Markscheide, nur ist ein Nerv dicker wie der andere; auch zeigen alle dieselben physikalisch-chemischen und physiologischen Eigenschaften (Leitungsgeschwindigkeit des Reizes 100 Fuß in der Sekunde). Mit dieser materialistisch-empiristischen Auffassung (v. Helmholtz) stimmt allerdings nicht das Johannes Müller'sche Gesetz von der spezifischen Sinnesenergie: „Die Empfindung ist nicht die Leitung einer Qualität, eines Zustandes unserer Nerven zum Bewußtsein, veranlaßt durch eine äußere Ursache.“ (Desgl. du Bois-Reymond, A. Lange, Rosenthal etc.). Demnach wären unsere Sinnesnerven schuld an der Wahrnehmung von Licht, Schall etc., während diese in der Außenwelt gar nicht existierten, und es könnten umgekehrt in der Außenwelt Vorgänge stattfinden, von denen wir gar keine Ahnung haben, weil wir keine besonderen Nerven dafür besitzen. Diese idealistische vitalistisch-spiritualistische Anschauung ist, wenigstens meiner persönlichen Überzeugung nach, heute gegenüber der materialistisch-empiristischen Auffassung (v. Helmholtz) nicht mehr haltbar. Unsere Nerven gleichen den Telegraphendrähten: „Ein solcher Draht,“ sagt von Helmholtz, „leitet immer nur dieselbe Art elektrischen Stromes, der bald stärker bald schwächer oder auch entgegengesetzt gerichtet sein kann, aber sonst keine qualitativen Unterschiede zeigt. Demnach kann man, je nachdem man seine Enden mit verschiedenen Apparaten in Verbindung setzt, telegraphische Depeschen geben, Glocken läuten, Minen entzünden, Wasser zersetzen, Magnete bewegen, Eisen magnetisieren, Licht entwickeln u. s. f. Ähnlich in den Nerven. Der Zustand der Reizung, der in ihnen hervorgerufen werden kann und von ihnen fortgeleitet wird, ist, soweit er sich an der isolierten Nervenfaser erkennen läßt, überall derselbe, aber nach ver-

schiedenen Stellen teils des Gehörs, teils der äußeren Teile des Körpers hingeleitet, bringt er Bewegungen hervor, Absonderungen von Drüsen, Ab- und Zunahme der Blutmenge, der Röte und der Wärme einzelner Organe, dann wieder Lichtempfindungen, Gehörempfindungen u. s. w. Wenn jede qualitativ verschiedene Wirkung der Art in verschiedenartigen Organen hervorgebracht wird, zu denen auch gesonderte Nervenfasern hingehen müssen, so kann der Vorgang der Reizung in den einzelnen Fasern überall ganz derselbe sein, wie der elektrische Strom in den Telegraphendrähten immer derselbe ist, was für verschiedenartige Wirkung er auch an den Enden hervorbringen möge. So lange wir dagegen annehmen, daß dieselbe Nervenfaser verschiedenartige Empfindungen leitet, würden auch verschiedene Arten des Reizungsvorganges in ihr vorhanden sein müssen, die wir bisher nachzuweisen noch nicht imstande gewesen sind.“ Der Nerv ist also sensorisch, wenn er mit einem Sinnesapparate, motorisch, wenn er mit einem Muskel, sekretorisch, wenn er mit einer Drüse, vasomotorisch, wenn er mit einem Blutgefäße in Verbindung steht. Seine Funktion ist in diesen vier Fällen immer dieselbe; sie besteht in der Reiz-Leitung und -Übertragung; aber die Wirkung dieses Reizes hängt ab von dem damit verbundenen Apparat. Das steht, wie man leicht einsieht, in denkbar größtem Gegensatze zur Auffassung von Johannes Müller, welcher jedem Nerv eine bestimmte, nur ihm zukommende Funktion zugestehen will. Es muß hier hervorgehoben werden, daß der Begründer der Idee von der Gleichartigkeit aller Nervenfasern unser Landsmann Hermann von Meyer war („Untersuchungen über die Physiologie der Nervenfasern“; aus der Zeit seines Privat-Dozentums in Tübingen, 1839—44).

Unter dem Einfluß der äußeren Sinnesreize zur Entwickelung gekommen, geben somit die Sinne die zuverlässigste Auskunft über die umgebende Außenwelt und regulieren demgemäß die Thätigkeit der gesamten Tierwelt. So lange noch kein Gehirn vorhanden ist; d. h. so lange die Sinnesempfindungen anfänglich nur einer subkutan gelegenen Nervenzelle, dann einer Zusammenhäufung von Nervenzellen oder einem Nervenganglion, wie dem Schlundganglion, zufließen, ist diese Thätigkeit nur eine einfach mechanisch-reflektorische, unbewußte und un-

willkürliche, die infolge angeborner Intelligenz oder Instinktes den Stempel auffälliger Zweckmäßigkeit an sich tragen und uns dadurch irrtümlich zur Annahme von bewußter Verstandesthätigkeit verleiden kann. Will man das Schlundganglion der niederen Tiere mit einem Gehirn vergleichen, so könnten doch nur die sog. niederen Hirnteile, die sich zwischen die beiden Großhirnhemisphären und dem Rückenmarke einschieben d. h. verlängertes Mark nebst Anhängen, Kleinhirn und Vierhügel, und Teile der Großhirnganglien in Betracht kommen, aber nicht die darüber sich legenden sog. höheren Hirnteile, die beiden Großhirnhemisphären mit der grauen Hirnrinde. Je vollkommener die Ausbildung der Sinnesorgane und je höher zugleich die Entwickelung des eigentlichen Gehirns, desto mehr tritt auch die Befähigung zu Tage, aus den dem Gehirn von der Außenwelt zufließenden Sinnesempfindungen bewußte Begriffe, Vorstellungen und Schlüsse abzuleiten, d. h. zu denken und demgemäß auch willkürlich und zweckmäßig zu handeln. Für den Menschen als dem entwickeltsten organischen Wesen unserer Erde sind die Sinnesempfindungen die festen Grundpfeiler, auf denen sein ganzes Denken und Handeln beruht, und hier stehen die zwei höheren sog. animalen Sinne, d. h. Gehör- und Gesichtssinn, in erster Reihe.

III. Höhere, sog. animale Sinne: Gehörsinn und Gesichtssinn.

Was wir bei Wassertieren von Gehörorganen finden, entspricht zunächst noch wenig dem Gehörorgan der höheren Tiere. Unser Gehörorgan besteht bekanntlich aus drei Teilen: 1. dem die Schallbewegung empfangenden und übertragenden Apparat, bestehend aus dem äußeren und mittleren Ohr, 2. dem die Schallbewegungen analysierenden und in Nervenerregung umsetzenden Apparat, dem Labyrinth, und 3. dem diese Erregung weiter leitenden Apparat, dem N. acusticus und dessen Verbreitungsbezirk im Gehirn. Bei allen Wassertieren, Fische einbegriffen, fehlt das äußere und mittlere Ohr. Was wir im Tierreich als erste Andeutung des Gehörorganes finden, entspricht dem Labyrinth der höheren Tiere und besteht aus einem kleinen, mit einer Konkremente enthaltenden Flüssigkeit gefüllten Säckchen, der sog. Otocyste (Hörsäckchen). An diese Otocyste läuft der Hörnerv heran und tritt mit den die Otocyste auskleidenden Haarzellen (Wimperzellen) in Verbindung; in dem

zentralen, von diesen Haarzellen eingeschlossenen und mit Flüssigkeit gefüllten Hohlraum schwimmen ein oder mehrere Otolithen, die mit den Wimpern der Haarzellen in Beziehung treten. Solche Otocysten finden sich bei Cölenteraten, z. B. den Medusen am Rande der Umbrella oft in beträchtlicher Menge und hier einem Nervenringe aufliegend. Bei den Echinodermen fehlen sie. Dagegen besitzen die Mollusken alle Otocysten. Bei den Muscheln finden wir zwei Hörbläschen an der Fußbasis, bei den Schnecken liegen die Otocysten in der Nachbarschaft der Fußganglien, bei den Ruderschnecken auf dem Unterschlundganglion; bei den Cephalopoden zeigen die Hörkapseln Vorsprünge, vermutlich die ersten Andeutungen der halbzirkelförmigen Kanäle. Die im Wasser lebenden Würmer besitzen hie und da Otocysten, so in seltenen Fällen die Strudelwürmer oder Turbellarien (Unterordnung der Plattwürmer) und die Sandwürmer oder *Arenicolae* (Unterordnung der Ringelwürmer mit zwei Otocysten). Die Krebse haben im Basalgliede der Innenfühler Gehörsäckchen und erweisen sich gegen Geräusche sehr empfindlich; bei *Mysis* liegen die Gehörorgane merkwürdigerweise seitlich in den inneren Lamellen des Schwanzfächers. (Über die Gehörorgane der übrigen an der Luft lebenden Gliedertiere: Insekten, Spinnen, Tausendfüßer ist nichts Sicheres bekannt). Was Wassertiere wirklich an Gehör besitzen, kann vermutlich nur durch die Körperleitung selbst zu stande kommen und entspricht unserem Gehör, soweit es durch sog. Knochenleitung ermöglicht wird; jedenfalls kann es sich nur um eine sehr unvollkommene Gehörleistung handeln. Die meisten Physiologen schreiben heutzutage dem Teil unseres inneren Ohres, der aus den halbzirkelförmigen Kanälen besteht, keinen wichtigen Anteil beim Vernehmen von Schallwellen mehr zu und betrachten diesen Teil des inneren Ohres vielmehr als dazu bestimmt, uns einen genauen Begriff von unserer Körperlage zu geben, sodaß wir bei Erkrankung dieser Teile unseres inneren Ohres, wenn wir uns bewegen, sofort in den Zustand des Schwindels verfallen (Menière'sche Krankheit, Ohrensausen mit Schwindel). Dasselbe scheint nach den Untersuchungen von Delages bei den mit Otocysten versehenen Wassertieren stattzufinden. Zerstört man einem Cephalopoden seine Otocysten, so sind die Bewegungen

des Tieres, wenn es zu schwimmen anfängt, zunächst noch normal; aber es dauert nicht lange, dann kommt das Tier ins Schwanken und schließlich liegt die Unterseite des Tieres nach oben gekehrt; vergeblich sucht es sich zu drehen und seine normale Stellung wieder zu gewinnen. Cephalopoden, die man ihrer Augen beraubt hat, bewegen sich zwar langsam und vorsichtig, aber doch vollkommen korrekt. Dasselbe kann man auch bei anderen solchen Tieren beobachten z. B. bei den Medusen. Die Otocysten haben demnach bei den Wassertieren den Hauptzweck von Organen, welche die Bewegung regeln, indem sie vermutlich durch Reflex entsprechende Muskelwirkungen hervorrufen, durch welche der Körper in der beabsichtigten Richtung und in normaler Orientierung während der Dauer der Bewegung erhalten wird. — Bei den Fischen können wir am inneren Ohre schon eine weitere Ausbildung in einen Sacculus (später Schnecke, deren erste Andeutung als Lagena oder Lagenula bezeichnet wird) und einen Utriculus mit den daraus entspringenden halbzirkelförmigen Kanälen unterscheiden; aber auch bei ihnen fehlt, wie gesagt, äußeres und mittleres Ohr. — Erst bei den Amphibien und von ihnen aufwärts bei den übrigen auf dem Lande lebenden Wirbeltieren findet sich ein mittleres Ohr: bei den Amphibien und Reptilien Trommelfell in einer Hauteinsenkung, dann zwischen Trommelfell und Fenestra ovalis ein hantelförmiger Gehörknochen, Columella genannt, Paukenhöhle und Tuba Eustachii; äußeres Ohr fehlt. Dazu tritt bei den Vögeln ein äußerer Gehörgang ohne äußeres Ohr. Erst bei den Säugetieren kommt die Ohrmuschel als phylogenetisch jüngster Teil zum Auffangen der Schallwellen hinzu, sie fehlt nur bei den Monotremen, Cetaceen, Sirenen und Seehunden, ferner besitzen die Säugetiere drei Gehörknöchelchen an Stelle der früheren einfachen Columella zwischen Trommelfell und Fenestra ovalis, welches zum Vorhofe des Labyrinthes führt (die Fenestra rotunda geht zur Schnecke). Das häutige Labyrinth zerfällt in zwei Hauptteile, den Utriculus und den Sacculus, beides kleine Säckchen, die in dem Zentralteile des knöchernen Labyrinthes, dem Vestibulum, eingeschlossen sind. Die Außenfläche des Vestibulum ist der Trommelhöhle zugewendet und zeigt das ovale Fenster, die obere Fläche ist mit dem spiralförmigen Anhange der Schnecke in Beziehung und

die hintere setzt sich in die halbzirkelförmigen Kanäle fort. Hörleisten der Ampullen, Hörflecken im Utriculus und Sacculus, Hörzellen mit Hörhärchen; letztere ragen in die Endolymphe hinein. Um die Hörflecken im Utriculus und Sacculus, den sog. Otolithensäcken, sammeln sich Häufchen von kohlensaurem Kalk, Otolithen. Die Endigungen der Schneckennerven zeigen weit verwickeltere Bildungen, die man das Corti'sche Organ genannt hat. Indem sich allmählich aus dem ursprünglichen Otolithensacke (Otocyste) als erster Andeutung des Labyrinthes eine Scheidung in Schnecke und halbzirkelförmige Kanäle ausbildet, könnte man an eine Trennung früher im Otolithensacke vereinter, natürlich noch nieder entwickelter Funktionen, Gehör- und Gleichgewichtsorgan, denken. Jedenfalls stellt die Schnecke den höchstorganisierten, am spätest entwickelten Teil des inneren Ohres dar, der für unser Gehör am wichtigsten ist. Auf ihr beruht die in der ganzen Tierreihe höchst stehende Entwickelung des Gehörs beim Menschen, der er den Hauptunterschied von den ihm nächststehenden Säugetieren verdankt, die artikulierte Sprache und die musikalische Ausbildung.

Von höchstem Interesse ist das Studium der Entstehung und Entwickelung des Gesichtssinnes, resp. des Sehorganes, im Tierreiche. Einmal kommt dieser Sinn von den Wirbeltieren an bis tief in das Bereich der niederen, im Wasser lebenden Tierwelt hinab, soweit eben die Schwingungen des Lichtäthers in das Wasser hineindringen, zur Entwickelung; dann aber auch ist das Sehorgan von seiner ersten Entwickelung an wohl charakterisiert und kaum mit einem anderen Sinnesorgane zu verwechseln. Wir können seine Geschichte genau verfolgen von der ersten Differenzierung der Sehsinneszelle ab bis zu unserem eigenen komplizierten Sehorgan herauf. — Welche charakteristische Veränderung bemerken wir zunächst an derjenigen Stelle der Körperoberfläche, wo sich Sinneszellen unter dem Einflusse des sie treffenden Lichtreizes zu Sehsinneszellen umzuwandeln anschicken? Die Stelle wird pigmenthaltig. Das Pigment begünstigt eben den Lichteinfluß: es läßt das Licht nicht durch, sondern absorbiert es und hält zugleich das Seitenlicht ab. Das Pigment liegt entweder in der Sehsinneszelle selbst oder in den sie umgebenden Stützzellen — beide ektodermen Ursprungs — oder, wenn wir gleich auch die

Arthropoden berücksichtigen wollen, in mesodermalen Pigmentzellen. Eine Ansammlung solcher pigmentierten Zellen (Pigmentfleck) repräsentiert die erste Anlage eines Sehorganes bei den niederen Tieren. Dazu tritt dann ein lichtbrechender Körper, sei es als Glaskörper, sei es als Linse oder beide zusammen. Es versteht sich von selbst, daß die ersten noch unvollkommenen Anlagen von Sehorganen in der niederen Tierwelt nur den niedersten Grad von Sehvermögen, d. h. die Unterscheidung von Hell und Dunkel, zu vermitteln vermögen. So sehr also auch die niederen Tiere mittelst der Ausbildung ihrer Tastorgane die Wirbeltiere und den Menschen übertreffen können, so wenig ist dies in betreff des Gesichtssinnes der Fall.

Bei den Cölenteraten, Echinodermen, Lamellibranchiaten (Muscheln) läßt sich die Bildung des Sehorganes aus den im Epithel zerstreuten Sinneszellen auf das deutlichste verfolgen. Es findet eine Anhäufung von Sinneszellen an einem bestimmten Platze der Körperoberfläche statt; diese Sinneszellen sind derart von Epithel- oder Stützzellen umgeben, daß keine einzelne Sinneszelle die andere berührt. Diese Einrichtung bezweckt natürlich die Isolierung der Sinneszelle, um so eine genauere Sinneswahrnehmung zu ermöglichen. (Dieselbe Einrichtung findet sich nebenbei gesagt übrigens auch bei den Sinneszellen des Geschmacks- und Geruchsorganes und besonders auch des Gehörorganes wieder). Das Pigment liegt zunächst bei den niederst stehenden Tieren in den Stützzellen, die Sehsinneszellen sind pigmentfrei; das lichtperzipierende Ende der letzteren ist der Körperoberfläche des Tieres zugekehrt, das Nervenende von derselben abgewendet. Am einfachsten verhält sich die Sache bei der Sehgrube von Quallen, wie der *Aurelia aurita* (Fig. 68 und 70, Carrière*); dazu kann noch ein linsenförmiger Körper (Verdickung der Caticula des Epithels) hinzutreten, wie beim Auge einer anderen Qualle, *Lizzia köllikeri* (Fig. 69, Carrière), wodurch sich die Sehgrube noch mehr vertieft. Diese sog. Ocellen stehen immer auf der Basis der Tentakeln und zwar auf der Seite, welche beim ruhigen Schwimmen (Schweben) nach außen gerichtet ist, oder zwischen den Ten-

*) Die Sehorgane der Tiere, vergleichend anatomisch dargestellt von Dr. Justus Carrière. München und Leipzig, 1885.

takeln nächst dem Gehörorgan. Bei den Seesternen stehen sie auf einem Wulste des am Ende jedes Armes befindlichen Tentakels. Bei den Muscheln sieht gewöhnlich nur der Mantelrand oder die Mündung der Atemröhren (Sipho) etwas aus den Schalen heraus und nur hier konnten sich Organe der Lichtempfindung entwickeln. Solche Organe finden sich bei *Pectunculus* und *Arca,* sowie bei *Pecten* und *Spondylus,* und zwar zeigen die beiden ersteren einen anderen Typus wie die beiden letzteren. Bei *Pectunculus* und *Arca* stellen die Sehzellen langgezogene Kegel dar, die Spitze nach innen gekehrt; das Pigment ist in der Peripherie der Zelle abgelagert und umgiebt wie ein Mantel den Zellkörper; jede Zelle besitzt eine von ihrer Cuticula gebildete Konvexlinse; das ganze Organ zeigt eine nach außen konvex hervorgewölbte Fläche (Fig. 78 und 79, Carrière). Die Zellen, welche den Sinneskörper bilden, sind nicht scharf gegen das Epithel des Mantels abgegrenzt, sondern gehen durch lange und schmale Zwischenformen in die Cylinderzellen desselben über, so daß diese Sinnesorgane von *Arca* und *Pectunculus* zu den schönsten Beispielen für die Entstehung von Sinnesorganen aus Epithelzellen gehören. Recht kompliziert und sehr merkwürdig sind die Augen von *Pecten* und *Spondylus.* Der Sehnerv schlägt sich hier wie um den Rand einer Schüssel von außen her um die Schale der Sehsinneszellen herum und tritt so an deren der Körperoberfläche zugekehrtes Nervenende heran, während das lichtperzipierende Stäbchenende der Körperoberfläche abgewendet ist, also gerade umgekehrt, wie bei *Pectunculus* und *Arca* und den Augen der Cölenteraten und Echinodermen, sowie aller anderen Wirbellosen, aber ganz wie bei den Wirbeltieraugen (Fig. 80, Carrière).

Aus dem bisher Auseinandergesetzten haben wir eine Basis gewonnen für den Aufbau des Sehorganes in der gesamten Tierreihe: das Sehorgan der *Aurelia aurita* und *Lizzia köllikeri* bietet die Grundlage für die sog. Camera obscura-Augen, die Augen von *Pectunculus* und *Arca* die Grundlage für die sog. zusammengesetzten Fächeraugen der Arthropoden. Das Auge von *Pecten* und *Spondylus* ist ein Camera obscura-Auge, das bereits an das Wirbeltierauge erinnert. Unter Camera obscura-Augen versteht man solche, die nach dem Prinzip einer Camera obscura gebaut sind, so daß in denselben ein reelles Bild der

Außenwelt entworfen und auf der im Hintergrunde des Auges ausgebreiteten Retina aufgefangen werden kann; sie stellen eine schwarze Hohlkugel dar, in der vorn eine pigmentfreie, durchsichtige Stelle den Lichtstrahlen Eingang gewährt (Fig. 1, Carrière) und finden sich bei den Gastropoden (Schnecken), Cephalopoden, Würmern und Wirbeltieren, auch gehören die Napfaugen der Insekten hierher, sowie die Augen der Myriapoden und Arachniden. Unter zusammengesetzten oder Fächeraugen versteht man solche, bei welchen die Sehzellen fächerförmig angeordnet sind und einen Kegel bilden, dessen Basis gewölbt über die Körperoberfläche hervorzuragen pflegt (Fig. 2, Carrière). Hier kann kein reelles Bild im Augenhintergrunde entstehen. Diese Augen finden sich bei den Arthropoden.

Gastropoden (Schnecken). Die einfachsten Augen in Form von Sehgruben finden sich bei *Patella* und *Haliotis*. Beim Auge der *Patella* (im Meere lebende Napfschnecke) setzt sich das Epithel des Tentakels direkt in die Grube hinein fort und verwandelt sich allmählich in Sehsinneszellen oder Stäbchenzellen und in Stützzellen oder Sekretzellen um. Die feine Cuticula des Epithels breitet sich über die Einsenkung als ein dicker galertiger Überzug, der wahrscheinlich von den Sekretzellen abgesondert wird und als Schutz der sehr empfindlichen freien Enden der Stäbchenzellen gegen das Wasser dienen mag (Fig. 8, Carrière). Bei *Haliotis tuberculata* ist das Auge fast vollkommen zu einer Kugel geschlossen (Fig. 9, Carrière), noch vollkommener ist dies bei *Fissurella* und *Trochus* der Fall (Fig. 10 und 11, Carrière), am vollkommensten bei *Tritonium* (Fig. 12, Carrière, deutlicher Correa!). Ebenso ist das Auge der am Lande lebenden Lungenschnecken gebaut, z. B. das Auge von *Helix pomatia* (Fig. 14, Carrière). — Bemerkenswert für das Auge der Schnecken ist das Auftreten resp. das Eingeschobensein ganglıöser Massen oder eines wirklichen Ganglions in den Sehnerven vor dessen Eintritt in das Auge oder doch vor dem Übergang der einzelnen Nervenfasern des N. opticus in das Nervenende der Stäbchenzellen. Dieses sog. Ganglion opticum peripheriсum ist für alle Augen im gesamten Tierreiche, auch für die zusammengesetzten oder Fächeraugen der Crustaceen und Insekten charakteristisch. Es bildet den Vorläufer der Ganglienschicht

in unserer Retina und zeigt zuerst im Auge der Cephalopoden, wie wir gleich sehen werden, die Umgestaltung in eine besondere Schicht der Retina (Ganglienzellenschicht). — Überall finden sich in der Retina der Schnecken die beiden Zellformen, Stäbchen- und Sekretzellen, das Pigment liegt in den Stäbchenzellen und umgiebt deren zentralen, erregbaren Teil wie einen Mantel; die Sekretzellen sind pigmentlos. Überall läßt sich auch beim Schneckenauge wieder auf's deutlichste der direkte Übergang der Zellen des Ektoderms in die Stäbchen- und Sekretzellen nachweisen. — Meist besitzen die Schnecken zwei Augen am Vorderende des Körpers, oft auf Stielen (Omatophoren). Wie bei den Muscheln finden sich auch mehr als zwei Augen. Die Onchidien (nackte Lungenschnecken) haben zwei normale Augen am Kopfe und noch ca. 80 Augen außerdem auf dem Rücken; letztere besitzen eine Cornea, eine äußere und eine innere Linse, der Opticus tritt in der Mitte der Retina ein, seine Fasern laufen nach innen der Körperoberfläche zu über die Stäbchenzellen hinweg und das Stäbchenende ist nach außen gekehrt, der Körperoberfläche abgewendet, ganz wie bei dem Wirbeltierauge (Fig. 17, Carrière). Bei den höher entwickelten Schneckenaugen (Pteroceras) tritt das früher in der Achse der Stäbchenzellen gelegene Stäbchen über das Pigment aus der Zelle hervor. — Würmer. Ich übergehe die primitiven Bildungen von Sehorganen der niederen Würmer, auch die Bildungen, deren Auffassung als Auge sehr fragwürdig ist, wie die sog. Augen der Blutegel: Becherförmige Organe am Kopfe, außen von Pigmentzellen umgeben, innen die sog. Innenkörper, durch deren Mitte ein Nerv verläuft (Fig. 22, Carrière), und wende mich gleich zu den wohlentwickelten Augen der frei lebenden Borstenwürmer: Nereiden und Alciopiden. Die Augen der Nereiden schließen sich vollkommen an die der Schnecken an (Fig. 26 und 27, Carrière). Das Auge der Alciopiden erreicht die höchste Stufe der Entwickelung aller bis jetzt betrachteten Augen mit wohl ausgebildeter Linse. Die Stäbchenzellen enthalten das Pigment an der Grenze zwischen vorstehendem Stäbchen und Zellkörper (Fig. 28, Carrière und Greef*). Sowohl bei den Nereiden wie bei den Alciopiden finden wir auch

*) Über das Auge der Alciopiden von Richard Greef. Marburg, 1876.

das Ganglion opticum wieder. — Cephalopoden. Sie besitzen das höchstentwickelte Auge aller Mollusken mit Cornea (dieselbe ist bei einer Reihe von Decapoden in der Mitte durchbohrt), Iris, Corpus epitheliale (ciliare), Linse. Die Retina zeigt nach Carrière (Grenacher faßt die Sache etwas anders auf) zu innerst, d. h. der Körperoberfläche zugekehrt, die Stäbchenzellen von ganz gleicher Konstruktion wie bei den Alciopiden und nach außen davon eine Ganglienzellenschicht. Letztere ist als das zu einer Schicht ausgebreitete Ganglion opticum periphericum der Schnecken und Würmer aufzufassen. Dadurch nähert sich das Auge der Wirbellosen sehr dem Auge der Wirbeltiere, zumal sich an die Ganglienzellenschicht noch weiter nach außen die Ausbreitung der Sehnervenfasern (Nervenfaserschicht) anschließt, auf welche dann die Sclera folgt (Fig. 30, Carrière). Meist fehlt sonst dem Auge der Wirbellosen eine eigentliche Sclera, wie denn auch die Augenmuskeln in der Regel vermißt werden. Ebenso kommt es nirgends zur Ausbildung einer eigentlichen Chorioidea, selbst nicht bei Anwesenheit einer wohlentwickelten Iris. — Wirbeltiere. Das Wirbeltierauge schließt sich direkt an das Auge der Cephalopoden an mit dem Unterschiede, daß die einzelnen Retinalagen gerade umgekehrt wie bei den Mollusken liegen: die Schicht der Sinneszellen liegt bei dem Wirbeltierauge am meisten nach außen, die Stäbchenenden von der Körperoberfläche abgewendet, darüber ist der sog. cerebrale Teil der Retina ausgebreitet, in specie die Ganglienzellenschicht, am meisten nach innen, d. h. der Körperoberfläche zugekehrt liegt die Nervenfaserschicht (Ausbreitung des N. opticus). Nach außen sind die Stäbchenenden der Stäbchenzellen von einer Pigmentzellenlage umgeben, welche aus dem äußeren Blatte der primären Augenblase hervorgegangen ist (Pigmentschicht oder Pigmentepithel der Retina). Noch weiter nach außen folgt dann die Gefäßschicht der Chorioidea, welche von der Sclera umschlossen wird. Die umgekehrte Lage der Sinneszellen im Wirbeltierauge beruht auf der Entwickelungsgeschichte desselben und erklärt sich zur Genüge aus dem Umstande, daß die Augenblase der Wirbeltiere sich nicht direkt aus der Hautschicht bildet, sondern zunächst durch Ausstülpung aus dem Medullarrohre hervorgeht, das erst seinerseits als ein Anhangsorgan der epidermoidalen Anlage seinen Ursprung genommen

hat. Daß bei den Wirbeltieren die Stäbchen- und Zapfenschicht der Retina (Neuroepithelschicht) zu äußerst liegt, bietet den Vorteil, sie in nähere Beziehung zur Chorioidea zu bringen, d. h. ihr eine gesicherte Ernährung zu bieten und ihr dabei doch die Charaktereigenschaft aller Epithelschichten, d. h. der eigenen Gefäßlosigkeit, zu wahren. Die Natur bietet hier eine besonders geschickte Leistung, um dem höherstehenden Wirbeltierauge ein besonders gutes Sehvermögen zu ermöglichen (vergl. die Carrière'sche Tafel, betr. Schema zur Entwickelung des Auges). Die Retina fast aller Wirbeltieraugen besitzt als Stelle des schärfsten Sehens eine sog. Fovea centralis; sie fehlt nur bei den nackten Amphibien und den Fischen (Leuckart). Die Vögel als besonders scharf sehend besitzen sogar noch eine zweite, exzentrisch gelegene Fovea centralis (Wirbeltierauge, s. Carrière Fig. 36). Die Bewegungen des Auges werden bei allen Wirbeltieren durch sechs äußere Augenmuskeln: vier recti und zwei obliqui bewirkt. — Bei den sog. blinden Wirbeltieren, unter denen sich keine Vögel befinden, sind die Augen klein, dem Lichte wenig zugänglich, mit schwachen Muskeln versehen und auch im Innern mehrfach abweichend: Maulwurf (Talpa), Blindmaus (Spalax), die beide unter der Erde leben, der Olm der Adelsberger Grotte (Proteus anguinus) und die blinden Fische der Tropfsteinhöhle in Kentucky (Amblyopsis). Im übrigen zeigen die Augen der verschiedenen Klassen der Wirbeltiere die nachfolgenden Modifikationen. — Fische. Bei den Cyclostomen, meist Schlammbewohner, sind die Augen nur rudimentär entwickelt und liegen unter der Haut zwischen Muskeln und Bindegewebe eingebettet; sonst besitzen die Fische wohlentwickelte Augen, deren Sclera nächst dem Opticuseintritt ins Auge mit der Orbitalwand durch ein fibröses oder knorpeliges Band verbunden ist (Fig. 44, Carrière). Bei den Knochenfischen findet sich zwischen Chorioidea und Pigmentschicht der Retina die Argentea, in deren Zellen zahllose irisierende, stäbchenförmige Krystalloïde eingelagert sind, ferner zwischen Argentea und Retinalpigment an der Eintrittsstelle des Sehnerven und diesen ring- oder hufeisenförmig umgebend ein aus Arterien und Venen bestehendes Wundernetz, die sog. Chorioidealdrüse. Trotz ihres Glanzes ist die Argentea der Knochenfische für das Sehen be-

deutungslos, da sie nach innen so dick von Pigment bedeckt ist, daß sie durch dasselbe nicht hindurch schimmert; nur in der Iris tritt sie zu Tage. Dagegen leuchtet bei den Knorpelfischen das gleich der Argentea gebaute Tapetum lucidum durch das Pigment hell hindurch, sodaß die Stäbchen von demselben Lichtstrahle zweimal getroffen, also auch stärker gereizt werden. In den Augen vieler Fische zieht sich von der Eintrittsstelle des Sehnerven gegen den Ciliarkörper eine dünne, schmale, schwarz pigmentierte, sichelförmige Falte hin, welche — um das Bild beizubehalten — mit dem Rücken in der Retina liegt, mit der Schneide in den Glaskörper hineinragt. Dieser Processus falciformis biegt vor der Iris quer ab zur Augenachse und befestigt sich mit seiner knopfförmigen Anschwellung, der Campanula Halleri, an den Äquator der Linsenkapsel. Die Membrana hyaloidea enthält bei Amphibien, Reptilien und Fischen reichlich Blutgefäße. Der Processus falciformis findet sich auch bei den Reptilien wieder, doch nicht bei allen, dagegen erreicht er bei den Vögeln eine ganz besondere Ausdehnung und wird hier als Kamm oder Pecten bezeichnet (Fig. 50, Carrière). Der Pecten der Vögel hat jedoch nichts mit der Linse zu schaffen und ist nur Ernährungsorgan für das innere Auge. Processus falciformis und Pecten liegen an Stelle der fötalen Augenspalte; sie haben dieselbe Bedeutung wie das Corpus ciliare. Fische und Schlangen besitzen eine besondere, aus dem N. opticus stammende Art. hyaloidea, dafür fehlt das Corpus ciliare. Während bei den Reptilien, Fischen und Vögeln nur durch den fötalen Augenspalt Gefäße in das Auge eintreten, welche den Processus falciformis und Pecten bilden, und die Ernährung der an sich gefäßlosen „anangischen“ Retina hauptsächlich diesen und den Gefäßen der Membrana hyaloidea (Vasa hyaloidea) überlassen ist, tritt bei den Säugetieren dicht an dem Augenstiel in die von ihm gebildete Rinne eine Arterie in das Auge ein, welche bei dem Verwachsen der Rinne in dieselbe eingeschlossen wird und auf diese Weise in das Zentrum des N. opticus und durch diesen hindurch zur Retina gelangt (Art. centralis retinae). Nachträglich entsteht dann neben ihr das rückführende Gefäß, die Vena centralis retinae. Auch unter den Säugetieren hat das Tapetum, welches wir bei den Knorpelfischen bereits kennen gelernt haben, das aber bei den Amphibien und

Vögeln zu fehlen oder doch nur vereinzelt vorzukommen scheint, eine große Verbreitung: Raubtiere, Wiederkäuer, Beuteltiere, Pferd, Elefant, fleischfressende Cetaceen. Es beschränkt sich bei der Mehrzahl der Säugetiere (bei den Fischen: ganzer Augengrund bis Corpus ciliare) auf eine Zone, die sich oberhalb der Eintrittsstelle des Sehnerven nach außen hinzieht, d. h. die Stelle des schärfsten Sehens. Das Tapetum macht die Augen lichtempfindlicher und die damit versehenen Tiere besonders zum Sehen im Dämmerlicht geeignet. Indem bei allen Tieren, denen mit und denen ohne Tapetum, die Hinterfläche der Iris samt Corpus ciliare intensiv pigmentiert sind, wird hier alles aus dem Augenhintergrund reflektierte Licht verschluckt (d. h. nicht wieder zurückgeworfen, wie bei den Albinos) und somit ein gutes Sehen gesichert. — Iris und Ciliarmuskel bestehen bei den Säugetieren, Fischen und Amphibien aus glatten Muskelfasern, bei den Reptilien und Vögeln aus quergestreiften Muskelfasern. Die Beweglichkeit der Iris ist bei den Vögeln äußerst lebhaft, bei den Fischen äußerst träge. Die Form der Pupille ist im Ruhestande stets kreisförmig, im Zustande der Verengerung verschieden: queroval bei Pferden, Wiederkäuern, Känguruh, Murmeltier, Walfisch, Robben, senkrechte Spalte bei Katze, Füchsen, Krokodil, einigen Schlangen, Haifischen, rund bei den meisten Vögeln mit Ausschluß der Eulen (mehr senkrecht) und der hühnerartigen Vögel (mehr quer), herzförmig: Delphin, rhombisch queroval bei Frosch, Salamander, Gecko. Die Robben besitzen ein schirmförmiges Operculum pupillae, das sie wie einen Vorhang vor die Pupille herunterschlagen können. Ähnlich sind die sog. Traubenkörner bei Pferden und Wiederkäuern. Die Pupille von *Anableps tetrophthalmus* ist durch eine quere Brücke in zwei Hälften geteilt. — Bei Fischen und Amphibien ist das Auge gewöhnlich für die Nähe eingestellt. — Außer Mensch und Affe besitzen die übrigen Säugetiere einen Musc. retractor oculi (nach innen von den vier recti); ihre Augenhöhle ist nach der Schläfenseite zu offen, so daß der Inhalt der Orbita hierhin ausweichen kann. Unter den übrigen Wirbeltieren wird der Rückziehmuskel nur noch bei den Schildkröten, den Krokodilen, Eidechsen und den ungeschwänzten Batrachiern gefunden. — Die Fische besitzen als Augenlider Hautfalten, aber ohne Muskulatur und sind daher unbeweglich; auch

die Lider der Amphibien, Reptilien und Vögel sind nicht viel höher entwickelt. — Außerdem findet sich bei den Knorpelfischen, sowie bei den am Lande lebenden Wirbeltieren als drittes Lid die Nickhaut, eine Falte der Conjunctiva, welche bei Anuren, Reptilien und Vögeln so stark entwickelt ist, daß sie über das ganze Auge weggezogen werden kann. Ihre Bewegung wird bei Reptilien und Vögeln durch zwei Muskeln, M. quadratus und pyramidalis, vermittelt. — Bei den Schlangen und Ascalaboten verwächst das obere Augenlid mit dem unteren, sodaß die Conjunctiva einen glatten, vor dem Auge liegenden Sack (die sog. „Brille") bildet, über welche die glatte durchsichtige Oberhaut wegzieht. Die wirkliche Cornea kommt also hier mit der Außenwelt in gar keine Berührung und ist gegen Luft und Feuchtigkeit abgeschlossen (Fig. 65 und 66, Carrière). Das Epithel der Cornea wird bei den Wassertieren durch das äußere Medium selbst feucht erhalten, bei den Landtieren sind verschiedene Drüsen vorhanden, welche diesen Zweck erfüllen. Die Thränendrüse findet sich bei den landlebenden Wirbeltieren mit Ausnahme der Amphibien. Die Harder'schen Drüsen mit schleimigem, fettem Sekret und in inniger Beziehung zur Nickhaut stehend, fehlen den Menschen, Affen, Cetaceen, Schlangen und unter den Arten mit Nickhaut auch den Schildkröten und Haifischen.

Wir kämen nun zur Besprechung der zusammengesetzten oder Fächeraugen der Arthropoden, als deren Vorstufe wir bereits bei den Muscheln das Auge von *Arca* und *Pectunculus* kennen gelernt haben (Fig. 68 und 69, Carrière). Während bei den Gastropoden, Cephalopoden und Wirbeltieren die Augen je nach einem Typus gebaut sind, herrscht bei den Arthropoden hierin große Mannigfaltigkeit. Wir begegnen verschiedenen Formen von Sehorganen, von denen in den einzelnen Familien teils ausschließlich eine, teils mehrere zusammen vorkommen. Die Augen der Myriapoden (Fig. 91, 92, 93, Carrière) und Spinnen (Fig. 97, 98, 99, 100, Carrière) sind noch nach dem Typus der Camera obscura-Augen gebaut, desgleichen die Ocellen (Stirnaugen) der Insekten, welch letztere sich hier neben den beiden zusammengesetzten Hauptaugen vorfinden (Fig. 114, Carrière). In diesen einfachen, mit nur einer Linse versehenen Augen besteht die Retina aus einem Epithel gleichartiger Sinneszellen, deren jede einzelne für sich ein lichtem-

pfindendes Endorgan darstellt (Fig. 85, Carrière). Die Mittelaugen der Skorpione sehen äußerlich ebenso aus, d. h. sie sind einlinsig; aber die Retina zeigt den wichtigen Unterschied, daß die sie zusammensetzenden Elemente resp. Sinneszellen in Gruppen (Retinulae) zusammengeordnet sind, deren jede physiologisch einer Sinneszelle in der ungruppierten Retina entspricht (Fig. 89 und 90, Carrière). Bei den Hauptaugen (Seitenaugen) der Insekten und Crustaceen besitzt jede Retinula auch noch ihre besondere Cornea und Linse (Krystallkegel) und bildet so ein für sich abgeschlossenes Ganzes. Damit geht zugleich eine Gestaltveränderung des ganzen Auges vor sich; dasselbe stellt ein nach außen gewölbtes größeres oder kleineres Kugelsegment dar, dessen Radien die einzelnen Retinulae bilden (Facetten- oder Fächerauge, vergl. Fig. 86 und 87, Carrière). Die Zahl dieser Retinulae mit zugehöriger Facette kann bis zu 25000 betragen. Bei den Augen ohne Retinulabildung ist das Pigment in den Retinazellen enthalten (autochrome Augen) und die Zellen sind dadurch isoliert, in den Retinula-Augen aber in dazwischenstehenden Pigmentzellen, welche entweder von Hypodermiszellen oder von eingewanderten mesodermalen Zellen gebildet werden können (exochrome Augen). Die eine Retinula zusammensetzenden Sinneszellen senden nicht an ihrem einen peripheren Ende Stäbchen aus; sie scheiden vielmehr diese Stäbchensubstanz, das Rhabdomer, an ihrer einander zugewendeten Innenseite ab. Indem die Rhabdomere der einzelnen, eine Retinula zusammensetzenden Sinneszellen einander berühren und miteinander verschmelzen, kommt das Rhabdom der Retinula zu stande (Fig. 95, 103, 104, 105, Carrière). Die Retinula der Insekten und Crustaceen besteht aus 4—8 dicht aneinander liegenden oder teilweise miteinander verwachsenen Sinneszellen; doch kommt letztere Zahl selten vor und für die Insekten sind sieben Zellen die Regel. Das Rhabdom ist durch seine Widerstandsfähigkeit gegen die zur Konservierung der Augen benutzten Reagenzien bedeutend von den Stäbchen der Wirbeltiere verschieden. In manchen Fällen sind die Rhabdome der Arthropoden rot gefärbt; diese Farbe ist jedoch viel lichtbeständiger als der Sehpurpur der Wirbeltiere. Die Form und Gestalt der Rhabdome ist verschieden: röhrenförmig, trichterförmig, stabförmig, spindelförmig (Fig. 113, Carrière). Wo hinter der Cornea

noch ein Krystallkegel liegt, stößt der Rhabdom mit seinem vorderen Ende an diesen (Fig. 115, 124, 130, 133, 116, 119 und 122, Carrière). Der Ganglienapparat zeigt neben dem peripheren noch ein zentrales Ganglion opticum, zwischen welchen beiden sich die Opticusfasern kreuzen und ein Chiasma bilden (Fig. 112 und 118, Carrière). Letzteres fehlt bei dem Libellenauge (Fig. 117, Carrière). Eine Reihe von Krebsen (Schizopoden, Stomatopoden und Decapoden) besitzen im Augenstiele nicht weniger als vier Ganglien hintereinander, alle vier durch Chiasmen, deren Kreuzung bei den dem Auge näheren Ganglien am vollständigsten ist, miteinander verbunden (Fig. 129 Carrière).

Ich kann die vorstehende Beschreibung des Sehorganes im Tierreiche nicht abschließen, ohne einer ziemlich rätselhaften Bildung niederer Wirbeltiere zu gedenken. Das primäre Vorderhirn, später nach Ausstülpung des sekundären Vorderhirnes (Corpus striatum, darüber Pallium als erste Andeutung der späteren Hemisphären) als Zwischenhirn bezeichnet, verlängert sich nach oben dorsalwärts in den Epiphysenschlauch (ventralwärts Infundibulum). Bei Vögeln und Säugetieren finden wir als rudimentären Rest dieses Schlauches tief im Gehirn, von den Hemisphären überlagert, zwischen den Vierhügeln ein kleines, ungefähr haselnußgroßes Gebilde, die Zirbeldrüse (Glandula pinealis). Bei einigen Knorpelfischen und bei vielen Reptilien dagegen, bei denen die Hemisphären (Pallium) noch wenig entwickelt sind, tritt der Epiphysenschlauch, resp. die Epiphyse, nach rückwärts vom Pallium durch ein Loch des Schädeldaches hindurch zu einem unter der Haut liegenden Sinnesorgan empor, das auffällige Ähnlichkeit mit einem Auge hat; denn man kann an ihm eine Cornea und Linse, sowie eine Retina samt Pigmentschicht unterscheiden (sog. unpaariges Parietalauge). Das vollständigste Parietalauge unter den noch lebenden Reptilien besitzt die Gattung *Hatteria* (auf Neu-Seeland); sie bildet ein Bindeglied zwischen Eidechsen und Krokodilen. Der unpaare Sehnerv durchbohrt jedoch nicht die Retina, um sich an deren Innenseite zu verbreiten, wie es bei den Seitenaugen der Wirbeltiere der Fall ist, sondern tritt nach Analogie der Augen der Wirbellosen von außen an die Retina heran. Wir hätten also hier bei ein und demselben Wirbeltiere zweierlei

Augen, die nach zwei ganz verschiedenen Typen gebaut sind. Das Parietalauge der jetzt noch lebenden Tiere ist nicht mehr zum Sehen geeignet; dagegen war dies offenbar bei den gewaltigen ausgestorbenen fossilen Reptilien (Ichthyosauren und Plesiosauren) der Fall, wie deren großes Scheitelloch im Schädeldache andeutet. Auch das Lanzettfischchen (Amphioxus), einziger Vertreter der niedersten Klasse der Wirbeltiere, der sog. Acranier, besitzt einen unpaaren Augenfleck am abgestumpften Vorderende seines (bekanntlich gehirnlosen) Medullarrohres; allein dieser Augenfleck ist mit dem Parietalauge nicht zu vergleichen, weil der anatomische Bau beider ganz verschieden ist. Es kann demnach nicht zweifelhaft sein, daß die Zirbeldrüse der Säugetiere der Vertreter jenes Hirnlappens ist, der bei den Reptilien das rudimentäre Scheitelauge trägt und daß dieses letztere selbst wieder der entartete Nachkomme eines Organes ist, das in früheren Zeiten die Arbeit eines wahren Sehwerkzeuges verrichtete.

Wie haben wir uns wohl das Sehen der Tiere vorzustellen? — Nur da wo ein lichtbrechender Apparat, insbesondere die Linse, ein scharfes Bild auf der Retina, resp. den peripheren Enden der Sehsinneszellen entwirft, kann von einem scharfen Sehen die Rede sein; dazu bedarf es noch außerdem einer besonders gebauten Fovea centralis retinae, während unsere Retinaperipherie mehr zu unserer Orientierung, insbesondere zum Erkennen von Bewegungen, befähigt. Demnach läßt sich annehmen, daß die Wirbellosen kein scharfes Sehen in unserem Sinne (Erkennen von Formen, Raumsinn) besitzen können, daß sich ihr Sehvermögen auf das Erkennen von Hell und Dunkel sowie Bewegungen beschränkt. Ja selbst bei Wirbeltieren, die doch alle eine Fovea centralis retinae besitzen, hilft die Bewegung eines Gegenstandes sehr dazu, ihn auch zur Wahrnehmung zu bringen. So lange die Fliege stille sitzt, kümmert sich der Laubfrosch nicht um sie, d. h. er bemerkt sie nicht; sowie sich die Fliege bewegt, wird er erst aufmerksam und schnappt nach ihr. Unter den Wirbellosen können wir allein den Alciopiden und Cephalopoden ein schärferes Sehen zugestehen. Je freier das Leben dieser Tiere und je lebhafter ihre Bewegungen sind, desto besser entwickelte Sehorgane pflegen sie zu besitzen; das ist eben eine notwendige Konsequenz ihrer

Lebensweise. Augen, die nicht nach dem Prinzipe einer Camera obscura gebaut sind, also die zusammengesetzten oder Fächer- oder Facettenaugen, können kein scharfes Sehen in unserem Sinne, d. h. Erkennen von Formen, vermitteln. Das Rhabdom einer Retinula vermag nur einen einzelnen Lichtreiz zur Wahrnehmung zu bringen; diese die Rhabdome treffenden Lichtreize können aber niemals ein scharfes Retinalbild erzeugen, dazu fehlt es an der nötigen Flächenausdehnung der Retinulae, dem steht ferner auch gerade die Fächerform des Auges entgegen. Dagegen sind die Fächeraugen sehr geeignet, in weitem Umkreise Bewegungen von Gegenständen wahrnehmen zu lassen, indem das Bild dieser Gegenstände, rasch hintereinander immer neue Facetten treffend, immer neue intensive Lichteindrücke verursachet und somit die Aufmerksamkeit des Tieres auf sich ziehen wird. Hierin liegt der Hauptzweck des zusammengesetzten Fächer- oder Facettenauges. Eine Wespe z. B., die auf Fliegen Jagd macht, erkennt die Fliege sofort, wenn sie sich bewegt; sitzt die Fliege dagegen still, so ist die Wespe imstande, einen benachbarten gleich großen Nagelknopf für eine Fliege zu halten und auf ihn statt auf die Fliege loszufliegen Der Formen- oder Raumsinn der Gliedertiere mit zusammengesetzten Augen kann kein großer sein, ihre Stärke beruht vielmehr auf dem Erkennen von Bewegungen; dagegen ist der Farbensinn wohl vorhanden: sie ziehen bestimmte Farben anderen vor, lichtliebende Tiere scheinen die blaue, lichtscheue die rote vorzuziehen, auch werden die Augen dieser Tiere von den für uns unsichtbaren ultravioletten Strahlen affiziert. Auch die Gliedertiere mit nur einfachen Augen (Myriapoden, Spinnen, Skorpione) besitzen ein nur sehr mangelhaftes Sehvermögen. Spinnen vermögen Bewegungen ihrer Beutetiere auf höchstens 20 cm, diese selbst nur auf 1—2 cm mit ihren Augen zu erkennen; dagegen sind sie sehr empfindlich gegen Erschütterungen ihres Netzes (Tastsinn als Ersatz für den mangelhaften Gesichtssinn). Noch schlechter sehen die Skorpione, am schlechtesten die Tausendfüße; letztere scheinen nur Hell und Dunkel unterscheiden zu können. Was die einfachen, zwischen den zusammengesetzten Seitenaugen sitzenden Stirnaugen (Ocelli, Stemmata) mancher Insekten (Ameisen, Wespen, Bienen u. a.) betrifft, so ist deren Bedeutung für das Sehen sehr untergeordnet. Zer-

störung der einfachen Stirnaugen hat gar keinen Einfluß auf das Benehmen der Tiere, dagegen tritt ein solcher sofort zu Tage, wenn die zusammengesetzten Augen gebrauchsunfähig gemacht werden. Die einfachen Stirnaugen scheinen demnach von noch geringerer Bedeutung für das Sehvermögen zu sein wie die einfachen Augen der Myriapoden, Spinnen und Skorpione. —

Nach diesem Überblick über die Ausbildung des Sehorganes im Tierreiche ist es von hohem Interesse, sich nochmals die nachfolgende Thatsache in das Gedächtnis zurückzurufen. Durch die gesamte Tierreihe hindurch ist es ein Gebilde des Auges, das sich mit geringen Veränderungen immer wiederfindet; von ihm geht der weitere Aufbau des Auges aus, es bildet den Grundpfeiler unseres Gesichtsorganes. Es ist dies die Sehsinneszelle, aus welcher sich zunächst die Retina als lichtpercipierendes Organ aufbaut. Diese Sinneszellen sind Abkömmlinge der ursprünglichen Ektodermzellen (differenzierte Ektodermzellen) und zeichnen sich dadurch aus, daß sie an ihrem peripheren Ende (Stäbchen) oder an der Seite (Rhabdomer) einen stark lichtbrechenden Körper (Kutikularbildungen = Riech- und Gehörhärchen) ausscheiden, und daß von ihrem zentralen Ende eine Nervenfaser zum Ganglion opticum, resp. Ganglienzellenschicht der Retina abgeht. Die Sehsinneszellen sind entweder selbst pigmentiert oder das Pigment ist in gleichfalls epithelialen Zellen enthalten, welche bei vielen Wirbellosen zwischen den Sinneszellen stehen, bei den Wirbeltieren über denselben liegen, so daß nur die Stäbchen von den Fortsätzen der Pigmentzellen umhüllt werden. — Das Auge, gleich wie unsere übrigen Sinnesorgane, geht in letzter Linie aus der durch den äußeren Sinnesreiz bedingten Differenzierung der das Ektoderm nach außen begrenzenden Zellschicht in spezifische Sinneszellen und einfache Epithelzellen hervor. Durch diese Spezifizierung der Ektodermzellen wird die Möglichkeit geschaffen, den die Sinneszelle treffenden, ihr adäquaten Sinnesreiz in Nervenreiz umzusetzen und dem Tiere zur entsprechenden Wahrnehmung zu bringen. Auf solche Weise sehen wir im Tierreiche die verschiedenen Sinnesorgane und Sinnesthätigkeiten sich ausbilden und die zur Erhaltung der Existenz der Tiere nötige Wechselwirkung zwischen Tier und Außenwelt herstellen.